IOANID E. GHIOCEL
DUNCA SIMONA
RUSU DORINA

PLASMA DE ÎNALTĂ FRECVENŢĂ ÎN DOMENIUL CONSERVĂRII OBIECTELOR DE PATRIMONIU:

DECONTAMINAREA BIOLOGICĂ

BCU IAŞI CENTRUL UNIVERSITY LIBRARY

editura pim
IAŞI 2008

III 298283

BIBL. CENTR. UNIV.
„M. EMINESCU" IAŞI
III 298.283

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

IOANID E. GHIOCEL
DUNCA SIMONA
RUSU DORINA

530917

PLASMA DE ÎNALTĂ FRECVENŢĂ ÎN DOMENIUL CONSERVĂRII OBIECTELOR DE PATRIMONIU:

DECONTAMINAREA BIOLOGICĂ

ALE

450642
B.C.U. IASI

Editura PIM
Iaşi, 2008

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Dr. fiz. Ghiocel Ioanid
Institutul de Chimie
Macromoleculară „P. Poni", Iaşi
Aleea Grigore Ghica Vodă Nr. 41 A
E-mail: ioanid_eg@yahoo.com

Dr. ing. Dorina Rusu
Complexul Naţional Muzeal "Moldova", Iaşi
B-dul Ştefan cel Mare şi Sfânt, Nr. 1
E-mail: dorina.emilia@yahoo.com

Conf. dr. Simona Dunca
Universitatea „Al. I. Cuza", Iaşi
Str. Carol I Nr. 11
E-mail: sdunca@uaic.ro

EDITURA PIM
Şoseaua „Ştefan cel Mare" nr. 11, Iaşi
Tel: 0232212740; 0332440728
Fax: 0232.310.112
E-mail: editurapim@pimcopy.ro
http://www.pimcopy.ro
EDITURĂ ACREDITATĂ CNCSIS
66/01.05.2006

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
IOANID, GHIOCEL
Plasma de înaltă frecvenţă în domeniul conservării obiectelor de patrimoniu : decontaminarea biologică /
Emil Ghiocel Ioanid, Simona Dunca, Dorina Rusu. - Iaşi : PIM, 2008
Bibliogr.
ISBN 978-606-520-077-7

I. Dunca, Simona
II. Rusu, Dorina

7.025.4

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

14 IUL. 2009

High Frequency Plasma in the Domain of Heritage Items Conservation: Biological Decontamination

Synopsis

The cold plasma discharge is validated today as a very fast, dry and clean, optimal technique with economical efficiency (low treatment duration at relative low cost), performed at room temperature: • enabling the treatment of thermally sensitive materials, • suitable for processing of complex shapes in a wide range of materials, • non-invasive by only modifying the surface of the material, the bulk properties remaining unaffected, • avoiding the toxic reagents or by-products. By utilizing the principles of cold plasma, contaminants - both organic and biological - can be removed from the surfaces, by a decontamination process.

The objective of the present book is to show how cold plasma can gradually replace the traditional methods due to increasing technological and ecological standards, and to demonstrate in relation to the recent results of our studies its applicability for the elimination of biological contaminants from miscellaneous mobile cultural heritage items.

The book is an opportune, pedagogically consistent, important professional resource and a didactic tool. It offers a fully integrated presentation of the fundamental physics and instrumentation for plasma discharges and processes used in decontamination of organic and inorganic surfaces, as the main material for delicate samples such as archaeological artefacts.

The topical content is of relevance to a large target audience in the museum restoration and conservation community, as well as in the area of academic scientific research.

The authors

BCU "LUCIAN BLAGA" UNIVERSITY LIBRARY

Cartea:

"Plasma de înaltă frecvență în domeniul conservării obiectelor de patrimoniu: Decontaminarea biologică"

a fost realizată în cadrul proiectului de excelență "Tehnologie multifuncțională integrată pentru conservarea patrimoniului cultural național" Nr. 54/2006, inclus în Programul de Cercetare finanțat prin PNCDI MATNANTECH

Mulțumim pe această cale domnului ***Prof. Dr. Cătălin Tănase*** *pentru realizarea studiilor referitoare la decontaminarea fungică prezentate succint în capitolul V „Degradare şi deteriorare fungică"*

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CUPRINS

	Pag
INTRODUCERE	1
CAPITOLUL I	
MATERIALE SUPORT PENTRU OBIECTELE DE PATRIMONIU	3
I.1. SUBSTRAT ANORGANIC	3
I.2. SUBSTRAT ORGANIC	3
I.3. MATERIALE COMPOZITE	12
I.4. PICTURILE	12
CAPITOLUL II	
METODE DE INTERVENȚIE ÎN PRACTICA DE CONSERVARE – RESTAURARE	15
II.1. METODE MECANICE	15
II.2. METODE FIZICE	15
CAPITOLUL III	
APLICAREA PLASMEI RECI DE ÎNALTĂ FRECVENȚĂ LA TRATAREA MATERIALELOR SUPORT PENTRU OBIECTE DE PATRIMONIU. ECHIPAMENTE ŞI PROCESE	20
III.1. GENERATOARE DE ÎNALTĂ FRECVENȚĂ	20
III.2. MĂSURAREA PARAMETRILOR GENERATOARELOR DE HF	33
III.3. METODE DE CUPLARE GENERATOR – VAS DE REACȚIE	38
III.4. ECHIPAMENT MULTIFUNCȚIONAL DE TRATAMENT ÎN PLASMĂ RECE	41
III.5. INSTALAȚIE DE CONSERVARE ÎN PLASMĂ DE HF A CĂRȚILOR	50
III.6. INSTALAȚIE DE CONSERVARE ÎN PLASMĂ DE HF A FOTOGRAFIILOR	52
REFERINȚE BIBLIOGRAFICE	54
CAPITOLUL IV	
DEGRADARE ŞI DETERIORARE BACTERIANĂ	57
IV.1. IDENTIFICAREA BACTERIILOR DETERIORATOARE CE ACȚIONEAZĂ ASUPRA COLECȚIEI DE MATERIALE ISTORICE FĂRĂ VALOARE DE PATRIMONIU ŞI A EŞANTIOANELOR DE REFERINȚĂ	58
IV.2. BACTERII IZOLATE DE PE MATERIALELE ISTORICE ŞI EŞANTIOANELE DE REFERINȚĂ	67

BCU "LUCIAN BLAGA" UNIVERSITY LIBRARY

IV.3. CONTAMINAREA BACTERIANĂ ÎN CONDIȚII DE LABORATOR 85
IV.4. DECONTAMINAREA BACTERIANĂ 89
CONCLUZII 109
REFERINȚE BIBLIOGRAFICE 110

CAPITOLUL V
DEGRADARE ȘI DETERIORARE FUNGICĂ 112
V.1. IDENTIFICAREA MICOBIOTEI CE ACȚIONEAZĂ ASUPRA OBIECTELOR DE PATRIMONIU 113
V.2. DECONTAMINAREA FUNGICĂ 121
CONCLUZII 124
REFERINȚE BIBLIOGRAFICE 126

CAPITOLUL VI
TRATAMENTE DE DECONTAMINARE ÎN PLASMĂ DE ÎNALTĂ FRECVENȚĂ A UNOR OBIECTE DE PATRIMONIU 127
VI.1. FACTORI CARE FAVORIZEAZĂ PROCESELE DE BIODEGRADARE 128
VI. 2. DECONTAMINAREA ÎN PLASMĂ DE ÎNALTĂ FRECVENȚĂ A UNOR OBIECTE DE PATRIMONIU 129
REFERINȚE BIBLIOGRAFICE 144

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

INTRODUCERE

Patrimoniul nostru cultural este alcătuit din aproape toate tipurile de materiale create de natură şi utilizate de către oameni pentru a realiza o serie de tipuri de artefacte, de la mono-componente foarte simple la structuri complexe integrând materiale organice şi anorganice. Aceste obiecte de patrimoniu cultural, chiar dacă sunt realizate din cele mai „rezistente" pietre şi metale, sunt totuşi influenţate de către o serie de parametri ambientali, care le pot modifica structura şi compoziţia. Mai mult, integrate fiind în „biosferă", acestea pot fi afectate de mecanisme biologice. Procesul de biotransformare se întâlneşte la nivelul întregului pământ şi atinge cele mai înalte cote în climatele cald-umede, unde condiţiile ambientale sunt extrem de favorabile creşterii majorităţii organismelor.

Obiectele de patrimoniu cultural sunt expuse acţiunii intemperiilor şi supuse influenţei parametrilor ambientali. Factori de ordin fizic, chimic şi biologic interacţionează cu materialele componente inducând schimbări atât în ceea ce priveşte caracteristicile compoziţionale cât şi în ceea ce priveşte caracteristicile structurale. Un anumit aspect al procesului de transformare este datorat activităţii metabolice în conexiune cu creşterea organismelor vii. Această activitate este necesară pentru menţinerea în echilibru a „ciclurilor de transformare a materiei" şi contribuie la un aspect foarte important al „vieţii" şi anume transformarea rocilor dure în soluri moi (pedogeneză) sau reducerea structurilor biologice complexe în componente originale mai simple. De fapt, o serie de tipuri de micro şi macro organisme îşi pot găsi habitat de creştere fie pe clădirile

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

monumentale, pe rămăşiţele arheologice şi pe alte opere de artă confecţionate din lemn, materiale textile, hârtie etc. Speciile vii care se instalează pe aceste materiale variază de la celule bacteriene microscopice la plante şi animale de dimensiuni mai mari. Procesul de creştere şi dezvoltare vegetativă a organismelor are o consecinţă directă în ceea ce priveşte conservarea obiectelor din patrimoniul cultural.

Principalele tipuri de deteriorări derivate din activitatea metabolică a organismelor sunt legate de mecanisme fizice, chimice si estetice, în timp ce intensitatea acestor deteriorări este strict corelată cu tipul şi organismul implicat, tipul de material şi stadiul de conservare, condiţiile ambientale, expunerea micro climatică, nivelurile şi tipurile de poluanţi.

Diferite metode au fost folosite pentru a clasifica şi cuantifica micro şi macro organismele implicate în procesele de biodeteriorare, în corelaţie cu parametrii ce le determină dezvoltarea. Pentru a opri sau a încetini procesul de biodegradare se impun intervenţii de conservare utilizând metode directe şi indirecte, alese de aşa manieră încât să nu afecteze substratul material al obiectului, mediul ambiental şi utilizatorul .

Rolul conservatorilor este de a încerca evitarea procesului de descompunere iar cel al restauratorilor este de a repara stricăciunile deja apărute.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CAPITOLUL I

MATERIALE SUPORT PENTRU OBIECTELE DE PATRIMONIU

I.1. SUBSTRATUL ANORGANIC

Biodeteriorarea materialelor anorganice, în cazul obiectelor de patrimoniu este, în esență, un proces ce implică atât structuri monumentale cât şi rămăşiţele arheologice, confecționate şi din alte materiale decât sticla şi metalul, neafectate practic, de către acest mecanism. S-a raportat un singur caz, în care ferestrele vechi de sticlă ale unei biserici au fost gravate de alge, în timp ce un model de coroziune a metalelor îngropate poate fi atribuit unei acțiuni indirecte datorate activității microbiene din vecinătate.

I.2. SUBSTRATUL ORGANIC

Picturile de şevalet, sculpturile din lemn, documentele de arhivă, tipăriturile, piesele confecționate din țesături, sau piele precum şi pergamentul reprezintă obiecte de patrimoniu care au la bază materiale organice. Toate acestea, datorită naturii lor biodegradabile, sunt, de obicei, păstrate în medii închise. Atacul biologic asupra acestor materiale apare numai în condiții de conservare eronată: grad ridicat de umiditate, contact cu solul, slabă ventilare şi operațiuni rare de întreținere.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

I.2.1. Hârtia

Hârtia poate fi confecționată din materiale textile sau din lemn, prin operațiuni variate și complexe.

Hârtia este, în primul rând, compusă din celuloză și din alte substanțe, în funcție de natura materialelor brute folosite în confecționarea ei: lignină, hemiceluloze, pectine, ceară, tanin, proteine și compuși minerali. Conținutul acestor compuși variază, în funcție de procesul de fabricare a hârtiei, de tipul de hârtie și de perioada de producție. În Evul Mediu, calitatea hârtiei era deosebit de bună deoarece era confecționată din bucăți de bumbac atent selectate, cu un conținut mare de celuloză și numai câteva impurități. Calitatea hârtiei confecționată prin procese industriale de fabricare a scăzut începând cu sfârșitul secolului XVII, deoarece provine din tulpina lemnului care conține o mare cantitate de material non-fibros, lignină, precum și impurități. În consecință, hârtiile moderne sunt mai vulnerabile la atacului microorganismelor în comparație cu hârtia veche.

Hârtia reprezintă o bună sursă de hrană pentru organismele și microorganismele heterotrofe. Condiția indispensabilă pentru atacul microbian este conținutul ridicat de apă iar higroscopicitatea hârtiei o face mai sensibilă la biodegradare.

Principalele microorganisme deteriogene pentru hârtie sunt fie bacteriile, microfungii și actinomicetele, fie speciile celulozolitice dăunătoare structurii chimice a hârtiei sau cele non-celulozolitice cu acțiune non-specifică.

Între speciile celulozolitice de microfungi, multe specii de Deuteromicete (de ex.: Alternaria spp., Aspergillus spp., Fusarium spp.,

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Humicola grisea, Myrothecilium verrucaria, Penicillium spp., Stachybotrys atra, Stemphylium spp., Trichoderma spp., Ulocladium spp., etc.) şi Ascomicete (Chaetomium spp.) sunt frecvent întâlnite la cărţi, documente şi tipărituri.

Coperta este prima parte a cărţii care absoarbe umezeala din aer, astfel dezvoltarea fungică se extinde mult mai rapid pe coperţi decât pe foile de hârtie. Unele specii de Chaetomium sp., Trichoderma viride şi Stackybotrys atra, determină o descompunere accentuată a materialului celulozic, care îşi pierde mai apoi proprietăţile materiale.

În general, fungii produc alterări ale hârtiei având ca efect apariţia unor pete, de formă neregulată şi de culoare roşie, violet, galben, maro, negru etc. Aceste pete se datorează fie prezenţei unui pigment de miceliu fie eliberării unor metaboliţi coloraţi. Culoarea pigmenţilor se poate schimba în funcţie de condiţiile de dezvoltare şi proprietăţile hârtiei. Un tip special de alterare datorat fungilor este decolorarea cernelurilor datorate tannas-ului, o enzimă care catalizează hidroliza galotanatului, produs de unele specii de Aspergillus sp. şi Penicillium sp.

Bacteriile atacă hârtia mai rar decât fungii, însă o serie de bacterii au fost izolate de pe hârtii păstrate în medii cu umiditate relativă mai mare de 85%. Speciile celulozolitice sunt, în mod evident, mai dăunătoare decât cele non-celulozolitice.

În timpul metabolismului, toate microorganismele produc acizi organici (oxalic, fumaric, succinic, citric, etc.), cu reducerea pH-ului hârtiei, condiţionând dinamica dezvoltării bacteriene şi fungice în atacurile secundare. În mod frecvent, atacurile bacteriene şi fungice fac hârtia fragilă.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

O alterare cromatică a hârtiei specifică şi foarte des întâlnită este fermentarea; care apare sub forma unor semne de culoare roşu-cafeniu, de mărimi diferite şi, în mod frecvent sub formă de pete.

Cărţile care au fost inundate sau foarte umezite prezintă o deteriorare semnificativă datorată dezvoltării excesive a bacteriilor şi fungilor.

I.2.2. Lemnul

Constituit în principal din celuloză, lignină şi alte substanţe, susceptibilitatea atacului microbian asupra acestui material depinde de conţinutul de umiditate. Deteriorarea microbiană determinată în principal de către microfungi, poate debuta, atunci când conţinutul de apă este mai mare de 20%

Aceştia se pot dezvolta pe suprafaţa sau în structurile interne ale materialului celulozic, inducând, prin producerea de exoenzime, modificări ale integrităţii lanţului polimeric. Polimerii naturali de natură celulozică, sunt distruşi, în principal, prin activitatea speciilor fungice, de tipul:

- *Mucegaiul alb (Pholiota sp., Fomes sp., şi Pleurotus sp.)*
- *Mucegaiul brun (Merulis lacrymans, Poria spp. şi Coniophora puteana)*
- *Mucegaiul moale (Chaetomium, Xylaria, Alternaria, Humicola Stenphzlium).*

Rolul bacteriilor (*Pseudomonas* şi *Achromobacter*) şi actinomicetelor (*Micromonospora*) este mai puţin important, întrucât necesită o cantitate mai mare de apă şi au fost descoperiţi, în principal, în medii externe şi medii marine.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Lemn saturat este termenul folosit pentru descrierea lemnului păstrat în sol sau apă, de exemplu lemnul arheologic din ruinele sau locuințele dărâmate. În aceste condiții specifice (conținut ridicat de apă și presiune scăzută a oxigenului), lemnul poate fi atacat cu ușurință de către microorganisme heterotrofe, aerobe și anaerobe, iar în situri marine de către organisme marine. Microflora capabilă să atace lemnul saturat variază în funcție de condițiile locului de păstrare (apa de mare, apa proaspătă, sol saturat, etc.) și în funcție de condițiile ambientale (concentrația de oxigen, temperatura, concentrația sărurilor minerale, etc.). Microorganismele care pot degrada lemnul saturat sunt fie specii dăunătoare lemnului cum ar fi fungii (mucegaiuri moi, fungii de apă de mare) fie unele specii bacteriene.

Dintre bacterii, cele mai des întâlnite sunt speciile celulozice aerobe (Cytophaga sp., Cellvibrio sp., Cellfalcicula sp.) sau speciile anaerobe (Plectridium sp., Clostridium sp.) precum și microorganismele obișnuite cum ar fi speciile de Bacillus sp., Pseudomonas sp., Arthrobacter sp., Flavobacterium sp. și Spirillum sp. Bacteriile sunt, de asemenea, împărțite în categorii, în funcție de tipul de degradare pe care o cauzează. Astfel, există bacterii de eroziune, bacterii ale cavităților și bacterii de tunel.

I.2.3. Textile

Textilele pot fi obținute din fibre de origine vegetală sau animală. În categoria fibrelor vegetale se încadrează bumbacul, inul, cânepa, iuta și sisalul. Acestea sunt compuse, în principal, din celuloză derivată din fibre de plante; de exemplu, inul și iuta sunt fibre floem, sisal și manila sunt fibre de frunze iar bumbacul este alcătuit din fibre formate pe suprafața

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

semințelor. La fel ca și alte materiale de origine vegetală, susceptibilitatea sau rezistența textilelor la biodeteriorare depinde de conținutul de celuloză, lignină și alți componenți organici. Prezența componenților non-celulozici cum ar fi lignina și ceara scade gradul de sensibilitate; în contrast, pentozanul și pectina cresc gradul de sensibilitate. Bumbacul natural conține circa 5% produși non-celulozici iar inul 15%, astfel bumbacul este mai sensibil la microorganisme decât inul.

Caracteristicile structurale ale fibrelor și țesăturilor în funcție de care biodegradarea este mai mult sau mai puțin intensă sunt: gradul de polimerizare, lungimea lanțului celulozic, cristalinitatea fibrei, orientarea și contextura țesăturii. Mai mult, degradarea mecanică și fotochimică crește susceptibilitatea la biodeteriorare. Materialele țesute larg sunt mai puțin rezistente decât materialele țesute strâns întrucât acestea păstrează mai mult praf și poluanți biologici între fibre, creând astfel condiții favorabile atacurilor biologice.

Cei mai des întâlniți biodeteriogeni ai textilelor celulozice sunt microfungii (Ascomicetele și Deuteromicetele) și bacteriile aparținând unor specii celulozolitice și non-celulozolitice, dintre care multe au fost menționate în cazul deteriorării lemnului și hârtiei. Cei mai activi agenți ai deteriorării textilelor sunt fungii. Printre deuteromicete întâlnim câteva specii de Alternaria sp., Aspergillus sp., Fusarium sp., Memnoniella sp., Myrothecium sp., Neurospora sp., Penicillium sp., Scopulariopsissp., Stachybotrys sp., Stemphylium sp., etc.

În medii umede sau atunci când textilele sunt îngropate în pământ (de ex. textilele arheologice), cea mai importantă descompunere este cauzată de bacteriile aparținând speciei Sporocytophaga myxcoccoides și apoi de

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Cellvibrio sp., Cellfalcicula sp., Microspora sp. şi anaerobe Clostridium sp. Degradarea materialelor expuse în mediul exterior a fost, de asemenea, asociată speciilor de myxomicete şi actinomicete.

În condiţii de umezeală, căldură, lipsă de ventilaţie şi contact cu materiale în descompunere, atacul microbiologic poate apărea după câteva zile. Biodeteriorarea textilelor poate cauza decolorarea, pătarea şi pierderea soliditătii acestora.

Firele metalice, utilizate în broderii pentru confecţionarea unor materiale textile ornamentale cum ar fi tapiţeriile, costumele nobiliare, podoabele bisericeşti, pot inhiba dezvoltarea microbiană, în special atunci când cuprul sau alte metale grele sunt prezente în ţesătură.

I.2.4. Pergament şi piele

Pergamentul ca suport pentru scris a fost confecţionat din piele de oaie sau capră şi viţel. Este compus din colagen, o cantitate de keratină şi elastină precum şi o cantitate redusă de albumină şi globulină. Colagenul este una dintre cele mai rezistente proteine la atacul microorganismelor şi poate fi hidrolizat de către enzime specifice, colagenoase, produse de unele bacterii anaerobe din genul Clostridium sp. Prelucrarea mecanică a pielii pe parcursul confecţionării pergamentului depolimerizează colagenul. Enzimele proteolitice nespecifice produse de bacterii şi de unii microfungi, în condiţii aerobe, pot descompune colagenul denaturat.

Alţi factori cum ar fi temperatura, umiditatea, pH-ul şi expunerea la razele UV, pot influenţa, de asemenea, stabilitatea colagenului în pergament, determinând schimbări în structura acestuia şi scăderea rezistenţei la biodeteriorare.

B.C.U. „M. EMINESCU" IAŞI

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Sensibilitatea pergamentului la biodeteriorare depinde de materialul brut, de metoda de prelucrare şi de condiţiile de păstrare. În condiţii aerobe, numai bacteriile pot ataca colagenul parţial descompus, printre care sunt speciile de Bacillus (de ex. Bacillus mesenthericus), Pseudomonas sp., Bacteroides sp. şi Sarcina sp. Materialele vechi de pergament pot fi, de asemenea, atacate de anumite specii de fungi din genul Cladosporium sp., Fusarium sp., Ophiostoma sp., Scopulariopsis sp., Aspergillus sp., Penicillium sp., Trichodetnia sp. etc. Ca rezultat al procesului de biodeteriorare, pergamentul îşi pierde proprietăţile originale şi devine dur şi casant, cu pete şi pelicule albe.

Pielea are o compoziţie chimică similară pergamentului iar sensibilitatea sa la biodeteriorare şi speciile implicate sunt aproape aceleaşi. Bacteriile, în condiţii de umiditate crescută, atacă pieile netăbăcite. Pieile tăbăcite sunt mai rezistente şi nu sunt supuse imediat atacului bacterian, însă sunt degradate de fungi.

I.2.5. Lâna şi mătasea

Lâna, obţinută din părul diferitelor animale, este alcătuită în principal, din cheratină, o proteină insolubilă ce conţine catene cu sulf în interiorul macromoleculei.

Mătasea naturală este produsă, sub forma uni filament proteic, de larva viermelui de mătase *Bombyx mori,* care aparţine ordinului *Lepidoptera.* Fibra brută de mătase este alcătuită din două filamente proteice: fibroina (60-70%) şi sericina (25-30%). Fibrele proteice, mătasea şi lâna nu sunt sensibile la deteriorarea provocată de microorganisme, ele pot fi atacate dacă conţin un grad ridicat de impurităţi (cum ar fi sericina

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

pentru mătase sau apretul si transpirația oilor pentru lână), sau dacă sunt depozitate în condiții de căldură şi umezeală.

În general, fibrele de lână sunt mult mai expuse atacului bacteriilor decât fibrele de bumbac şi mai puțin sensibile atacului fungic. Bacteriile pot fi keratinofile, capabile să producă enzime pentru a distruge cheratina, cum ar fi unii fungi dermatofitici (Trichophyton sp. si Microsporum sp.), care pot cauza boli oamenilor.

Microorganismele cel mai des menționate în degradarea lânii şi a altor fibre de proteine sunt bacteriile din genul Bacillus (Bacillus mesenthericus si Bacillus subtilis), Proteus (Proteus vulgaris) şi câteva specii de actinomicete (Streptomyces albus si Streptomyces fradiae). Pseudomonas aeruginosa cauzează frecvent pete de culoare verde, roşie sau alte culori, în funcție de pH-ului substratului.

Microfungii nu sunt frecvent implicați în biodeteriorarea fibrelor de proteină, deşi specii de Aspergillus sp., Fusarium sp. şi Trichoderma sp. sunt raportate uneori ca intervenind în acest proces.

Mătasea este foarte rezistentă la atacul microorganismelor dacă impuritățile şi sericina sunt îndepărtate în procesul de fabricare (degomare). Speciile care degradează mătasea includ microorganismele deteriogene care atacă şi alte fibre de proteină, însă nu au fost identificate categorii specifice pentru mătase. Deteriorarea microbiologică se manifestă sub formă de decolorări, pete de diferite forme, culori dispuse pe suprafață, rezistență la rupere diminuată.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

I.3. MATERIALE COMPOZITE

Obiectele de patrimoniu sunt de cele mai multe ori alcătuite dintr-o combinație de diferite materiale organice și anorganice, nu dintr-un singur material. Este imposibil de expus toate tipurile de bunuri de patrimoniu cultural și de a oferi informații despre sensibilitatea acestora la biodeteriorare. În general, riscul de atac biologic este legat de cel mai sensibil component.

I.4. PICTURILE

Picturile sunt compuse dintr-un suport (pânză, lemn, hârtie sau pergament), un strat de pregătire, un strat de vopsea, a cărui compoziție chimică variază în conformitate cu tehnica de pictare, tipul de vopsea utilizată (ulei, tempera sau acuarelă), perioada istorică și autor.

În cazul picturilor pe pânză, pregătirea se face de obicei, cu var sau ghips, împreună cu clei de origine animală sau vegetală. Pe această suprafață netedă, sunt aplicate câteva straturi de culoare, constând din pigmenți amestecați cu lianți de ulei sau tempera (ou sau clei). Suprafețele sunt, de regulă, acoperite cu un lac protector subțire, translucid. La picturile pe suporturi din lemn, se observă o structură multistrat similară.

Picturile pe hârtie pot fi acuarele, guașe sau pasteluri. Vopseaua este etalată direct pe hârtie, condițiile de păstrare ale acesteia determinând durabilitatea întregii opere de artă. În cazul acuarelelor, stratul de vopsea transparentă conține, de asemenea, o cantitate mică de liant, de obicei

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

gumă arabică. Pastelurile sunt realizate în creion şi constau dintr-un pigment fără liant; din acest motiv sunt dificil de depozitat şi păstrat.

În cazul operelor de artă pictate, procesul de biodeteriorare poate implica fie o parte a picturii sau toate componentele acesteia. Astfel, picturile pot prezenta urme ale atacului biologic pe verso, pe suport sau pe partea pictată; totodată o parte sau toate componentele pot fi distruse.

Componenţii organici din picturi reprezintă o bună sursă de nutriţie pentru o mare parte dintre microorganismele şi organismele heterotrofe. Atacul biologic apare însă, numai atunci când sunt condiţii ambientale favorabile, deseori existente în camerele muzeelor, în biserici vechi sau în depozite, fără nici un control al umidităţii şi temperaturii.

Deoarece varietatea componenţilor organici din structura lucrărilor de artă reprezintă o sursă de carbon pentru hrană, în mod virtual, microflora ce atacă picturile include toate speciile de microfungi. In plus, această microfloră prezintă o mare toleranţă pentru condiţiile de mediu şi pot folosi umezeala rezultată din condens. De asemenea, conţinutul de umezeală al obiectelor de muzeu este uneori suficient de mare încât să favorizeze chiar şi dezvoltarea bacteriilor.

În general, prima componentă supusă deteriorării microbiene este suportul. De fapt, în cazul picturilor pe pânză, atacul microbian începe de obicei pe verso, deoarece cleiul apret creşte sensibilitatea naturală a materialelor textile. Apoi, biodeteriogenii penetrează pânza ajungând în partea din spate a stratului de vopsea, cauzând crăpături şi desprinderi, în timp ce hidroliza celulozei creează diferenţe de aderenţă între stratul de vopsea şi pânza propriu-zisă. În cazul picturilor pe lemn, descompunerea suportului poate fi diferită faţă de aceea a stratului de vopsea.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Microorganismele implicate în procesul de biodeteriorare sunt cele menționate pentru biodegradarea materialelor de origine vegetală și animală. Uneori, prezența substanțelor cum ar fi cleiul din apret poate spori gradul de sensibilitate la atac.

Atacul biologic asupra stratului de vopsea este mai puțin frecvent decât cel asupra suportului și depinde de natura pigmenților. Cele mai sensibile la atacul biologic sunt, în următoarea ordine: culorile tempera de cazeină și ou, tempera sub formă de emulsie și uleiul de in. În contrast, prezența metalelor grele în unii pigmenți cum ar fi plumbul, zincul sau cromul, poate crește rezistența stratului de vopsea. Acuarelele conțin o mică cantitate de liant organic și ca rezultat sunt la fel de sensibile la deteriorarea microbiană ca și pastelurile.

Dezvoltarea miceliului microfungic prin spori microscopici germinați, cu dezvoltare radială, este destul de rapidă și devine vizibilă macroscopic în termen de câteva zile. Dintre cele mai frecvente specii de microfungi implicate în deteriorarea stratului de vopsea, specii ca: Penicillium sp., Aspergillus sp., și Trichoderina sp. dezintegrează tempera și lianții de ulei; Aureobasidium sp. descompune lianții de ulei; Geotrichum sp. se dezvoltă pe lianții de cazeină; Mucor sp. și Rhizopus sp. atacă cleiul.

Creșterea microfungilor pe suprafața picturilor induce descompunerea estetică, mecanică și biochimică. De fapt, miceliul se întinde pe picturi, desen și culoare, în timp ce dezvoltarea hifelor în interiorul suportului poate cauza friabilitate și pierderi ale stratului de vopsea.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CAPITOLUL II

METODE DE INTERVENȚIE ÎN PRACTICA DE CONSERVARE - RESTAURARE

Pentru a controla procesul de biodeteriorare, trebuie utilizate cele mai potrivite metode şi produşi. Cu privire la principiile şi natura mijloacelor de intervenție, metodele de control pot fi clasificate ca mecanice, fizice, biologice sau biochimice, chiar dacă cele bazate pe principii active ale soluției (chimice) sunt mult mai des aplicate (fie ca principii active cu spectru larg sau, mult mai specificele fungicide, algicide, herbicide, insecticide şi substanțe de respingere a păsărilor).

II.1. METODE MECANICE

Toate tehnicile descrise ca fiind „mecanice" au în comun o metodă de destabilizare a deteriogenilor. Metodele mecanice tradiționale presupun îndepărtări fizice ale biodeteriogenilor fie cu mâna fie cu unelte cum ar fi: scalpel, spatula, dăltițe, aer pentru abraziune şi aspiratoare.

II.2. METODE FIZICE

Metodele fizice utilizate sunt: razele ultraviolete (UV), razele gamma, căldura, temperatura foarte scăzută şi ultrasunetele.

Razele ultraviolete în domeniul 300-200 μm, au fost întrebuințate în special împotriva bacteriilor, şi fungilor.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Rezistența microorganismele variază în ceea ce privește sensibilitatea la radiația UV, în funcție de faza de creștere și de natura substratului în care sunt descoperite. Radiația UV este mai eficientă la valori scăzute ale umidității.

Razele gamma constituie o formă de radiație electromagnetică. Acestea sunt întrebuințate de obicei pentru sterilizarea microflorei și eradicarea insectelor, în special, pe materiale organice cum ar fi hârtia, pergamentul și lemnul. Este necesară o doză de 500 Gy pentru a ucide larvele și pentru a preveni apariția insectelor adulte. Mucegaiul este mai puțin sensibil la radiația de ionizare decât insectele și diferite specii dezvoltă anumite nivele de sensibilitate. În general, cei mai mulți fungi sunt uciși printr-o doză totală de 10 kilo Gy. Iradierea gamma nu induce o radioactivitate secundară, nu distruge policromia în ulei și tempera, nu lasă reziduuri și pătrunde, complet, în obiecte. Mai mult, poate fi tratată în același timp o mare cantitate de materiale. Hârtia este mult mai sensibilă decât lemnul la efectele radiației gamma. Tratamentele repetate nu sunt recomandate deoarece efectele sunt cumulative.

Căldura (uscată sau umedă) este utilizată în dezinfecția și dezinsecția materialelor organice. Aplicarea căldurii umede pentru dezinfectarea cărților reprezintă, încă una dintre cele mai des utilizate tehnici. Se recomandă o temperatură de 95°C și 40% umiditate relativă timp de 4 ore.

Alte metode utilizate pentru eliminarea infestării cărților sunt expunerea la temperaturi foarte scăzute sau închiderea în containere în atmosferă de N_2 sau cu O_2 (concentrație sub 0,05%). Reducerea presiunii,

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

uscarea în vid, sunt procese ce determină explozia celulei microorganismelor.

Plasma de înaltă frecvență reprezintă una din metodele utilizate pentru decontaminarea microbiologică a suprafeței obiectelor de patrimoniu mobil, de natură diferită, cu păstrarea integrității suportului material.

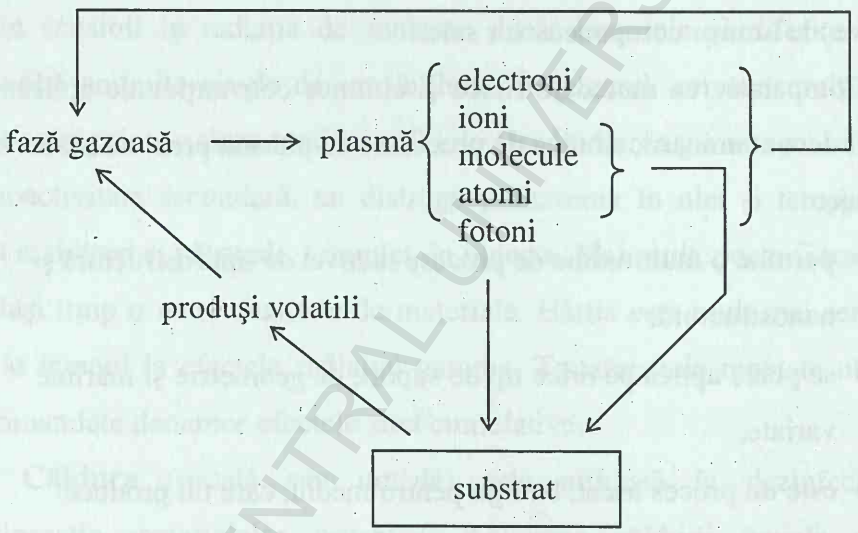
Plasma reprezintă un sistem fizic format din particule neutre şi excitate, electroni, ioni, fotoni, în continuă mişcare şi interacțiune, modificarea suprafeței sub acțiunea acesteia depinzând de contribuțiile relative ale tuturor componentelor sale.

Comparativ cu metodele fizice şi chimice convenționale aplicate în scopul decontaminării, tehnica de procesare cu plasmă prezintă numeroase avantaje:

- permite o multitudine de procese la nivel de microstructură şi nanostructură,
- se poate aplica pe orice tip de suport, de geometrie şi mărime variate,
- este un proces uscat, benign pentru mediu, care nu produce poluare şi nu prezintă riscuri pentru personal, deoarece nu generează produşi toxici,
- nu necesită durate mari de tratament şi are loc cu un consum mic de energie,
- permite procesarea controlată şi reproductibilă a materialelor,
- suprafața materialului este modificată numai pe o adâncime cuprinsă, de obicei, între 10 şi 1000 Å, fiind păstrate proprietățile de volum ale acestuia.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În cazul plasmei reci de înaltă frecvență și de presiune joasă, gazele introduse în sistemul de tratare sunt scindate în ioni pozitivi, electroni și alte specii reactive chimic, care vor „curge" pe suprafețele expuse tratamentului și vor interacționa fizic și chimic cu acestea. Funcție de condițiile de tratament și de natura suprafeței tratate, sunt posibile o multitudine de efecte asupra: hidrofiliei/hidrofobiei, energiei superficiale, a adezivității și capacității tinctoriale sau de imprimare, curățirii, sterilizării, etc. În schema II.1 este reprezentat modul de interacțiune plasmă – material:



Schema II.1. Interacțiunea plasmă – material – reprezentare schematizată

Privitor la implementarea în domeniul conservării și restaurării, tratamentul în plasmă reprezintă o provocare; principalele avantaje le constituie natura uscată a procesului și posibilitatea combinării diferitelor efecte, cum ar fi eradicarea agentului biologic, consolidarea materialelor deteriorate și conservarea prin depunere de filme superficiale protective.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Prezenta monografie abordează plasma rece de înaltă frecvență, de presiune joasă. În plasma de presiune joasă electronii sunt excitați atingând energii mari şi temperaturi medii de 1 – 10 eV. Deoarece nu se atinge echilibrul termodinamic, în această plasmă rece temperatura moleculelor de gaz este apropiată de cea ambiantă. Acest fapt permite ca tratamentele să se realizeze fără degradarea termică a suporturilor expuse.

Tratamentele efectuate în plasma rece de HF sunt influențate de :

- natura plasmei,
- modalitatea de transmitere a intensității câmpului electromagnetic,
- geometria reactorului (forma şi volumul vasului de reacție, geometria şi compoziția electrozilor),
- selectarea condițiilor experimentale (presiunea, puterea, debitul fluxului de gaz, temperatura).

Decontaminarea şi sterilizarea suprafețelor în plasmă de înaltă frecvență la temperatură joasă a căpătat o mare atenție în ultimii ani, cu precădere în practica medicală, industria farmaceutică, dar şi în industria electronică sau aeronautică. Totodată, un obiectiv important îl ocupă decontaminarea obiectelor de patrimoniu în procesele de conservare - restaurare. Procedeele convenționale sunt limitate de toxicitatea agentului folosit (în cazul sterilizării chimice), de condițiile termice, de mărimea instalațiilor (în cazul sterilizării cu radiații ionizante).

În cadrul tratamentului în plasma rece, prin ajustarea condițiilor de procesare (geometria reactorului, presiunea, puterea, frecvența, fluxul, compoziția gazului) se pot activa câteva mecanisme care operează simultan conducând la sterilizarea sau decontaminarea suprafețelor în funcție de efectul dorit.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CAPITOLUL III

APLICAREA PLASMEI RECI DE ÎNALTĂ FRECVENȚĂ LA TRATAREA MATERIALELOR SUPORT PENTRU OBIECTE DE PATRIMONIU. ECHIPAMENTE ŞI PROCESE

III.1. GENERATOARE DE ÎNALTĂ FRECVENȚĂ

Descărcările electrice luminiscente într-un gaz la presiune joasă, generatoare de plasmă rece, utilizată în plasmochimie, sunt obținute cel mai convenabil prin utilizarea unui câmp de înaltă frecvență.

În acest scop sunt folosite generatoare de radiofrecvență. Avantajele utilizării acestora rezultă din:

- marea disponibilitate comercială de echipamente de radiofrecvență, proiectate special pentru studii în acest domeniu;
- costul relativ scăzut al echipamentului de măsură;
- uşurința de a cupla puterea de radiofrecvență la o varietate largă de reactoare utilizate în plasmochimie.

Pentru a fi utilizat în scopul obținerii de descărcări electrice într-un gaz, un generator de înaltă frecvență (HF) trebuie să răspundă la două criterii esențiale. În primul rând, **un generator trebuie să lucreze în banda de frecvență autorizată pentru utilizare comercială**; în al doilea rând, **generatorul trebuie să fie capabil de a rezista la variații mari în impedanța de sarcină.**

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Asocierea diferitelor etaje într-un bloc ce constituie un generator de HF este prezentată în figura III.1. Primul etaj este un oscilator pilot de HF cu sau fără cuarț, care poate funcționa frecvent la 13,56 MHz și servește ca sursă pentru semnalul de HF. Semnalul de la oscilator este amplificat până la un nivel de 5 – 10 W, utilizând fie un tranzistor, fie un tub electronic. Amplificatorul final este completat cu un amplificator de putere. Acest etaj este echipat cu un tub de putere și se poate acorda ușor în cazul unor variații largi ale impedanței de sarcină. Cel mai indicat tub care poate fi utilizat pentru un amplificator de putere este o triodă de putere, răcită forțat cu aer sau apă, pentru eliminarea rapidă a puterii disipate pe anod. Trioda prezintă dezavantajul că necesită o valoare mare a puterii de excitație. Din acest motiv, cele mai utilizate sunt tuburile tetrodă sau pentodă. În acest caz, etajul de putere trebuie să fie protejat împotriva unei disipări anodice excesive și, de asemenea împotriva disipării pe grila ecran.

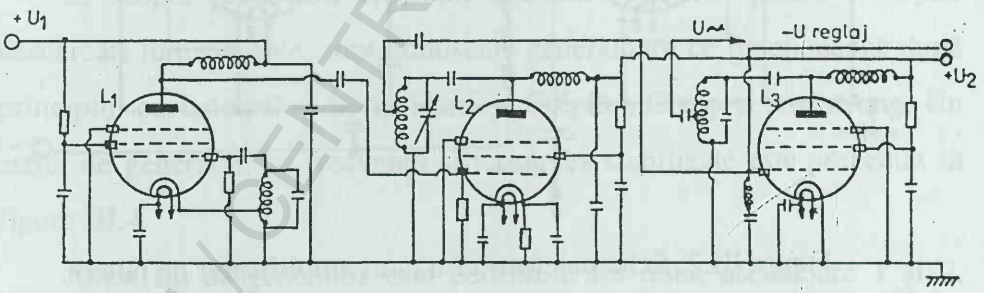


Figura III.1. Schema electrică a unui oscilator și preamplificator de HF echipat cu tuburi electronice

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pentru o eficienţă ridicată, tubul de putere se alege în aşa fel încât disiparea totală pe electrozi să fie egală cu:

$$P_d = P_{in} = P_{out} / 0{,}65 \qquad \text{(III.1)}$$

Unde: P_d - puterea disipată la anod; P_{in} - puterea de alimentare în curent continuu, pentru tub; P_{out} – puterea maximă de HF debitată.

Factorul 0,65 este folosit pentru a descrie o eficienţă de 65%. Dacă este necesară o putere de HF mai mare, disiparea totală va fi:

$$P_d = P_{in} - P_{out} \qquad \text{(III.2)}$$

şi se încorporează un dispozitiv de protecţie în circuitul proiectat.

Figura III.2 prezentă un circuit tipic pentru un etaj de amplificator de putere.

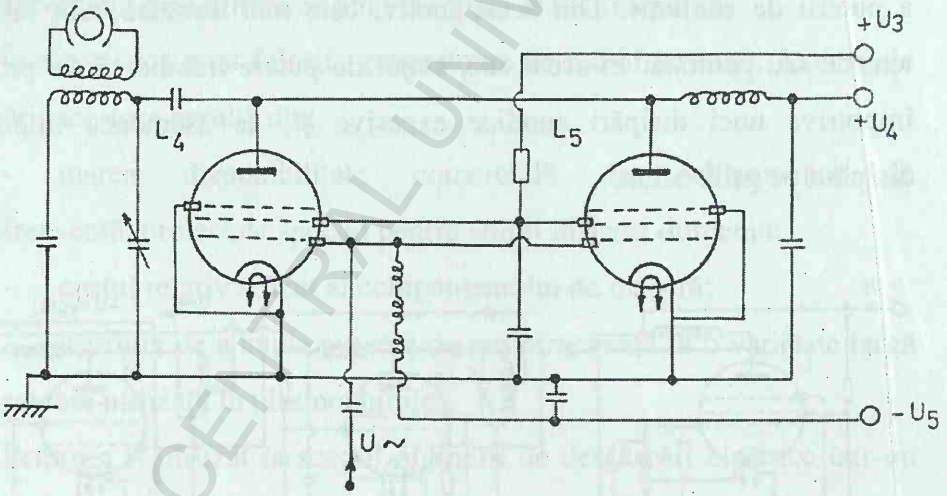


Figura III.2. Schema electrică a unui amplificator de putere.

În figura III.3 este prezentat un generator de HF în contratimp echipat cu tranzistoare de putere T_1, T_2. Acest tip de generator se remarcă

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

prin simplitate constructivă dar şi printr-o sensibilitate sporită la suprasarcini.

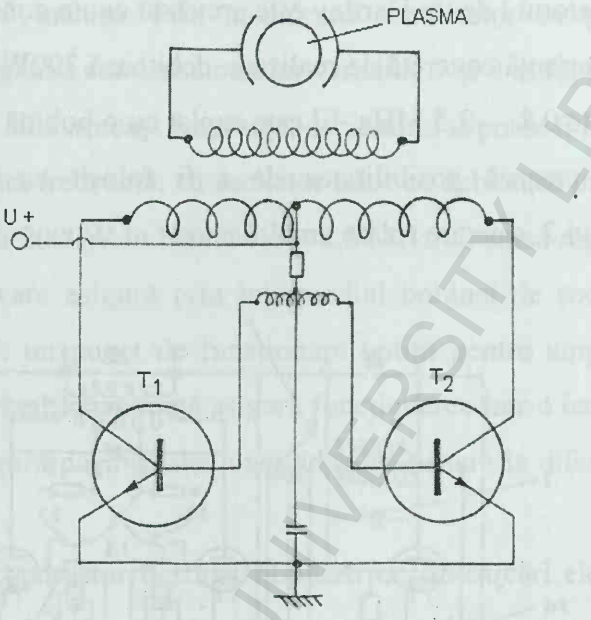


Figura III.3. Schema electrică a unui oscilator de HF cu tranzistoare

În scopul producerii tensiunii alternative de HF pentru a obține descărcări luminiscente, sunt cunoscute generatoare ce funcționează după principiul oscilatoarelor de tip Hartley, Colpitts, Clapp şi Armstrong. Un astfel de generator, cu frecvența şi tensiunea stabilizate este prezentat în figura III.4.

Acest tip de generator este constituit din două oscilatoare 1 şi 2, ecranate electrostatic între ele, un bloc de alimentare 3 şi dintr-un bloc de stabilizare electronică a tensiunii de alimentare 4. Cele două oscilatoare de mare putere şi de frecvență înaltă pot fi utilizate independent sau pot fi conectate între ele. Tensiunea anodică a celor două oscilatoare, obținută

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

de la blocul de alimentare 3, este stabilizată electronic de stabilizatorul 4 şi aplicată anozilor prin comutatoarele 5 şi 6, în funcţie de modul de lucru ales. Oscilatorul l de tip Hartley este prevăzut cu un condensator variabil 7 şi, într-o variantă concretă de realizare, debitează 300W într-o bandă largă de frecvenţe 0,8 - 2,5 MHz. El este cuplat cu o bobină 8 prin intermediul căreia se creează poşibilitatea de a fi folosit ca oscilator pilot al oscilatorului 2, care are rol de amplificator.

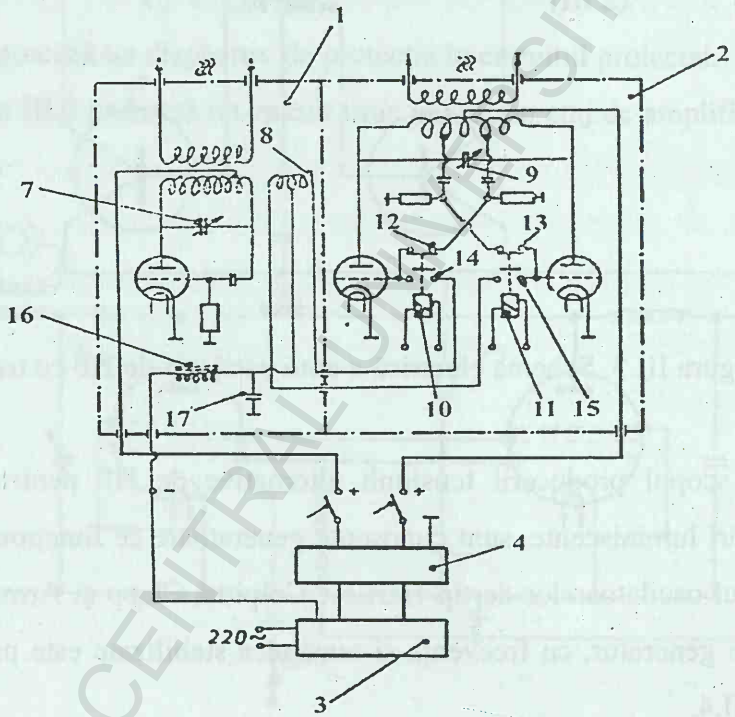


Figura III.4. Schema electrică a generatorului de HF cu tensiunea şi frecvenţa stabilizate

Oscilatorul 2 este realizat după o schemă în contratimp, cu alimentare serie şi este prevăzut cu un condensator variabil 9. Oscilatorul, în aceeaşi

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

variantă de realizare, debitează 2000W în banda de frecvență 1,6 - 4,8 MHz La utilizarea independentă a oscilatoarelor, releele 10 şi 11 au contactele 12 şi 13 închise. Prin închiderea contactelor 14 şi 15 ale releelor 10 şi 11, reglarea condensatoarelor variabile 7 şi 9 astfel încât cele două oscilatoare să aibă aceeaşi frecvență, oscilatorul 2 poate fi utilizat ca amplificator de înaltă frecvență, ca oscilator pilot ce debitează în varianta concretă menționată 2000W în banda 1,6 – 2,5 MHz. O sursă reglabilă de tensiune de negativare asigură prin intermediul bobinei de şoc 16 şi a condensatorului 17, un punct de funcționare optim pentru amplificator. Acest generator de înaltă frecvență asigură funcționarea într-o bandă mare de frecvențe şi asigură posibilitatea unei adaptări uşoare la diferite tipuri de instalații.

Un alt tip de generator destinat obținerii de descărcări electrice în gaze, este generatorul de frecvență înaltă cu puterea şi frecvența variabilă, prezentat în figura III.5. Acesta este alcătuit dintr-un tub oscilator Hartley echipat cu o tetrodă de putere. Circuitul oscilant plasat între grilă şi anod, conține un condensor variabil 2 şi o bobină 3. Alimentarea oscilatorului se face de la un redresor de înaltă tensiune 4, prin intermediul unui filtru de bandă 5. Circuitul de negativare al tetrodei oscilatoare este format dintr-un condensor 6 şi o rezistență 7.

Tensiunea continuă, variabilă, necesară polarizării grilei – ecran a tetrodei oscilatoare, se obține dintr-un redresor 8 şi se aplică pe grila – ecran, printr-o bobină de şoc 9, permițând astfel variația fină a puterii debitată de generator. Condensatorul variabil 2 este astfel construit încât permite generatorului să debiteze într-o bandă largă de frecvențe. Circuitul de sarcină este cuplat cu circuitul oscilant, în aşa fel încât să se micşoreze

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

deviațiile de frecvență ce apar datorită neadaptării perfecte a celor două circuite. Acest generator debitează într-o bandă largă de frecvențe și permite o variere fină a puterii.

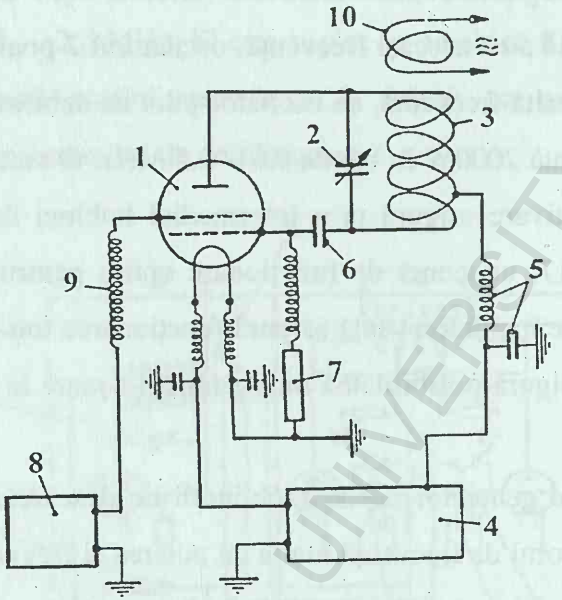


Figura III.5. Schema electrică a generatorului de HF cu puterea și frecvența variabile

Puterea debitată de acest generator de HF poate fi cunoscută cu precizie prin plasarea unui wattmetru, între ieșirea generatorului și intrarea circuitului de acord pe sarcină. Scopul unui circuit de acord pe sarcină, plasat înaintea reactorului în care se produce descărcarea luminiscentă, este de a realiza o egalizare între impedanța generatorului și aceea a descărcării. Când o astfel de egalitate este atinsă, puterea transferată de la generator la descărcare este de o eficiență maximă. Acest generator de HF cu puterea și frecvența variabile prezintă avantajul că permite variația

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

puterii şi frecvenţei, putând fi utilizat pentru tratarea unor materiale polimere în plasmă şi în câmp de radiofrecvenţă.

Utilizarea unui generator de putere de înaltă frecvenţă impune respectarea cu rigurozitate a unor condiţii, cum ar fi: conectarea la reţea a diferitelor componente într-o anumită succesiune, stabilirea frecvenţei şi a amplitudinii, lipsa pericolului în manipulare, etc.

Un generator de HF performant este cel din figura III.6., care este echipat cu un oscilator pilot. Oscilatorul pilot asigură stabilitatea frecvenţei şi a tensiunii de ieşire în sarcină a generatorului, fapt de mare importanţă în aplicaţiile din plasmochimie.

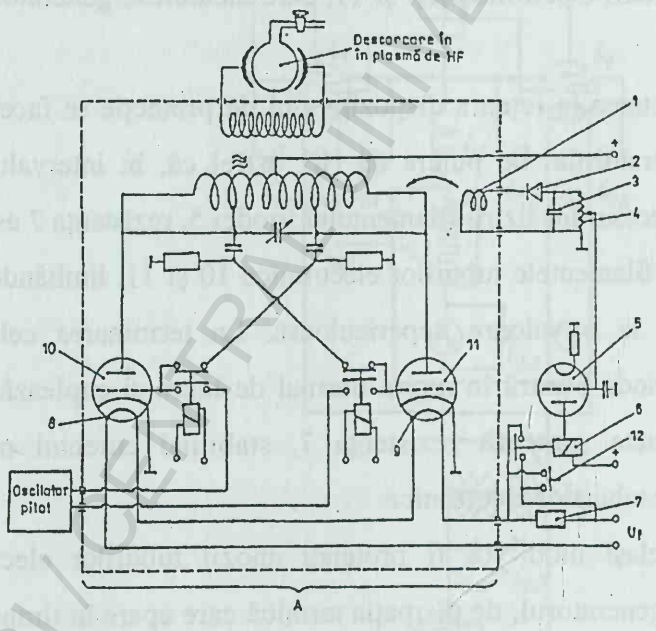


Figura III.6. Schema electrică a generatorului de HF cu oscilator pilot şi sistem de protecţie

Pentru creşterea siguranţei de exploatare a generatorului menţionat, se poate folosi un dispozitiv electronic care protejează tuburile electronice

BCU IASI / BIBLIOTECA UNIVERSITY LIBRARY

ale generatorului de efectul destructiv al unor supracurenţi care pot apare la pornirea acestuia sau la mersul în gol (fără sarcină anodică cuplată).

Dispozitivul de protecţie este alcătuit dintr-un circuit de detecţie şi un amplificator de curent continuu, echipat cu tuburi electronice. Circuitul de detecţie este realizat dintr-o bobină 1 cuplată inductiv cu circuitul de sarcină al generatorului de putere şi înaltă frecvenţă A, o diodă semiconductoare 2, un condensor 3 şi un potenţiometru de reglaj 4. Tensiunea detectată se aplică convenabil în circuitul de grilă al unei triode 5, care permite cuplarea sau decuplarea unui releu 6, ale cărui contacte sunt în legătură cu o rezistenţă 7, montată în serie cu nişte filamente 8 şi 9 ale unor tuburi electronice 10 şi 11, care alcătuiesc generatorul de putere de HF.

Conectarea la reţea a dispozitivului de protecţie se face simultan cu cea a generatorului de putere de HF, astfel că, în intervalul de 20 -25 secunde, necesar încălzirii filamentului triodei 5, rezistenţa 7 este menţinută în serie cu filamentele tuburilor electronice 10 şi 11, limitându-le curentul de pornire la o valoare nepericuloasă. La terminarea celor 20 – 25 secunde, trioda 5 intră în regim normal de lucru şi cuplează releul 6 ale cărui contacte şuntează rezistenţa 7, stabilind curentul nominal prin filamentele tuburilor electronice.

În acelaşi mod vor fi protejaţi anozii tuburilor electronice care alcătuiesc generatorul, de disipaţia termică care apare în timpul decuplării accidentale a sarcinii anodice (descărcarea în plasmă de înaltă frecvenţă). După restabilirea condiţiilor de lucru iniţiale (presiune, debit, compoziţie), amorsarea descărcării în plasmă se face printr-un buton de comandă

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

manuală 12, care şuntează la acţionare rezistenţa 7, permiţând intrarea rapidă în regim normal a generatorului.

Alte tipuri de echipamente pentru obţinerea plasmei de înaltă frecvenţă sunt generatoarele industriale cu tuburi electronice, prezentate în figurile III.7., III.8. şi III.9.

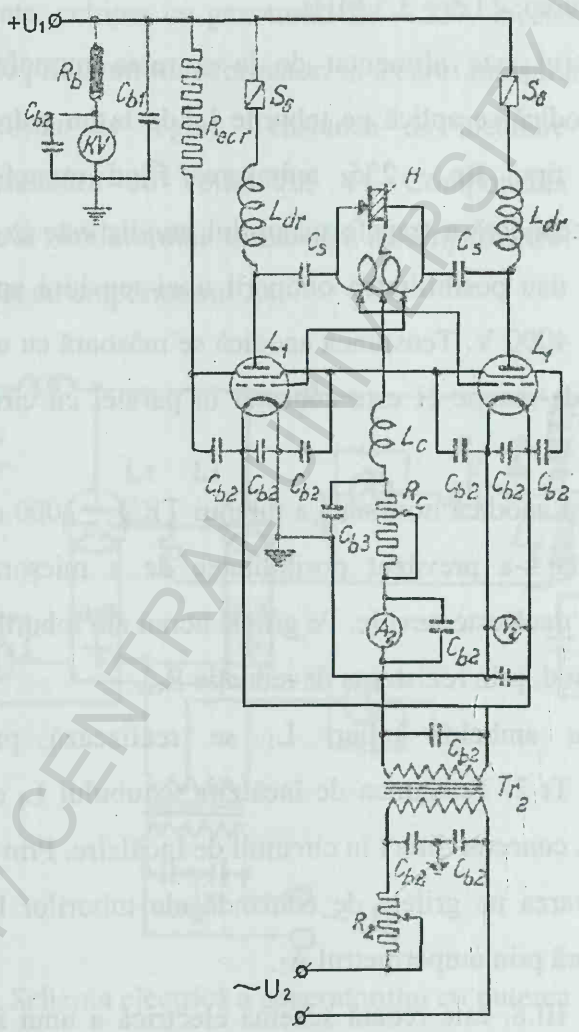


Figura III.7. Schema electrică a generatorului de HF cu puterea de 1,5 KW

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Aşa cum se prezintă în figura III.7, partea principală a generatorului constă din blocul oscilator de HF cu montaj în contratimp, prevăzut cu două tuburi de tipul ТКЭ – 1000 (L_1), alimentate în derivaţie. Aceste tuburi sunt tetrode cu o putere nominală de 1000 W, răcirea tuburilor fiind naturală, cu aer. Puterea utilă a oscilatorului este de 1,2 – 1,5 KW; frecvenţa de lucru: - 1,5 – 3,5 MHz.

Generatorul este alimentat de la o reţea monofazată de 220V. Tensiunea anodică se aplică pe tuburile L_1 de la un redresor, realizat cu gazotroni de tipul Br – 236, redresarea fiind monofazată în punte. Înfăşurarea secundară a transformatorului anodic este executată în patru secţiuni, care dau posibilitatea obţinerii unei tensiuni anodice de 1000, 2000, 3000 şi 4000 V. Tensiunea anodică se măsoară cu un kilovoltmetru (KV). Vasul de reacţie H este conectat în paralel cu circuitul anodic al oscilatorului.

Tensiunea anodică nominală a tubului ТКЭ – 1000 este de 4000 V. În felul acesta s-a prevăzut posibilitatea de a micşora mult puterea generatorului, dacă este nevoie. Pe grilele ecran ale tuburilor, tensiunea se aplică de la anod, prin rezistenţa de reducţie R_{ecr}.

Încălzirea ambelor tuburi L_1 se realizează printr-un singur transformator Tr-2. Tensiunea de încălzire a tubului L_1 este indicată de voltmetrul V_2, conectat direct în circuitul de încălzire. Prin rezistenţe R_g se aplică negativarea pe grilele de comandă ale tuburilor L_1. Curentul de grilă se măsoară prin ampermetrul A_2.

În figura III.8. este redată schema electrică a unui alt generator de înaltă frecvenţă. Vasul de reacţie H este amplasat în circuitul anodic al oscilatorului, realizat cu două tuburi tip K – 3000, (L_1) montate în paralel.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Răcirea tuburilor este naturală, cu aer. Pentru o tensiune anodică de 9 KV, puterea utilă a oscilatorului este de 5 KW. Frecvența de lucru a generatorului este de 20 MHz. Generatorul este alimentat de la o rețea monofazică de 220 V.

Pe anozii tuburilor tensiunea este aplicată de la un redresor monofazat în punte, echipat cu gazotronii Br – 237. Încălzirea tuburilor oscilatoare se face printr-un transformator, în a cărui înfășurare primară se introduce un reostat de reglaj. Tensiunea de încălzire a tuburilor oscilatoare se măsoară cu voltmetrul V_1. Componenta continuă a curentului anodic al oscilatorului se măsoară cu ampermetrul A_1, iar cea a curentului de grilă, cu ampermetrul A_2.

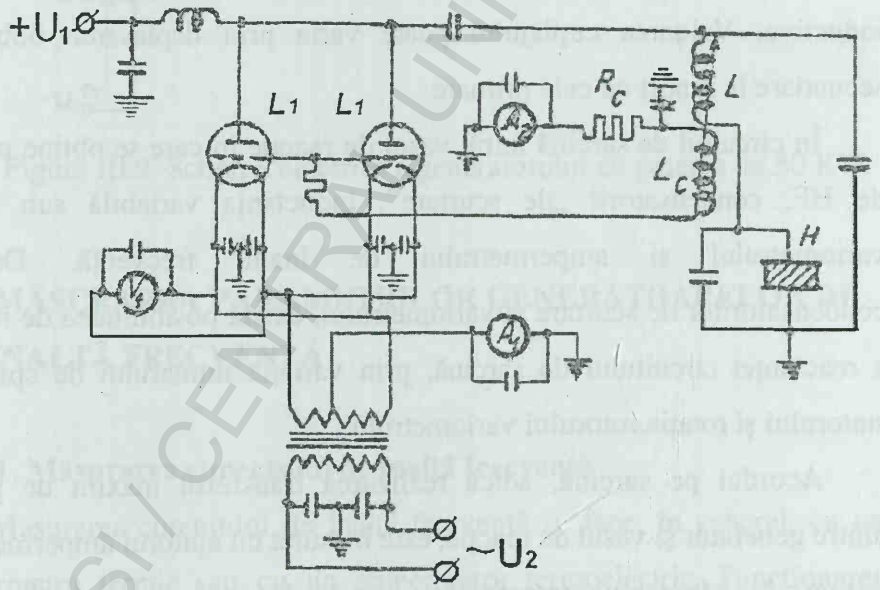


Figura III.8. Schema electrică a generatorului cu puterea de 5 KW

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În figura III.9. este redată schema electrică a unui generator cu tuburi electronice, de putere mare, pentru obținerea plasmei de HF. Puterea utilă a generatorului este de 50 KW. El funcționează pe trei frecvențe nominale: 333, 470 şi 667 KHz.

Generatorul este alimentat de la o rețea trifazată cu tensiunea de 380 sau 220 V. Oscilatorul echipat cu două triode L_1, are un singur etaj şi funcționează în regim de autoexcitație. Cele două tuburi de tipul Г – 450 sunt în paralel, iar anozii lor sunt alimentați în derivație. Circuitul oscilant anodic este alcătuit din doi condensatori cu aer conectați în paralel şi dintr-o inductanța alcătuită din două părți: o parte este destinată cuplajului cu circuitul de sarcină; cealaltă, pentru reacția pe grila tuburilor oscilatoare. Reacția pe grilă şi cuplajul circuitului de sarcină sunt inductive. Valoarea cuplajului poate varia prin deplasarea bobinelor secundare în raport cu cele primare

În circuitul de sarcină intră: vasul de reacție în care se obține plasma de HF, condensatorii „de scurtare", inductanța variabilă sub forma variometrului şi ampermetrului de înaltă frecvență. Datorită condensatorilor de scurtare şi variometrului, există posibilitatea de reglare a reactanței circuitului de sarcină, prin variația numărului de spire ale statorului şi rotația rotorului variometrului.

Acordul pe sarcină, adică realizarea transferul maxim de putere dintre generator şi vasul de reacție, este măsurat cu ajutorul ampermetrului termic A. Momentul transferului optim de putere este atins când ampermetrul A are deviația maximă.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

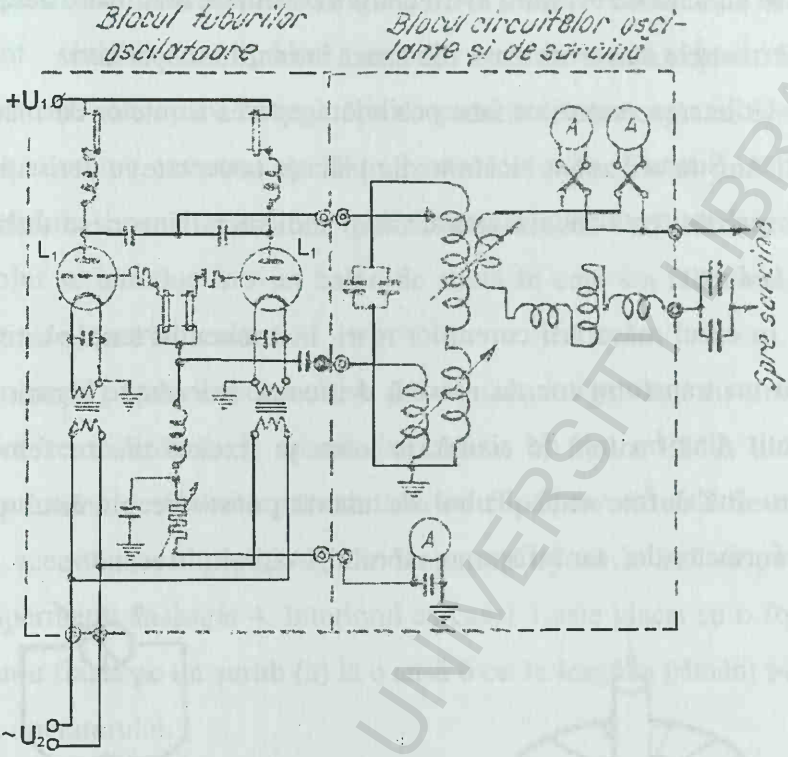


Figura III.9. Schema electrică a generatorului cu puterea de 50 KW

III.2 MĂSURAREA PARAMETRILOR GENERATOARELOR DE ÎNALTĂ FRECVENȚĂ

III.2.1. Măsurarea curentului de înaltă frecvență

Măsurarea curentului de înaltă frecvență se face, în general, cu un ampermetru termic sau cu un ampermetru termoelectric. Funcționarea ampermetrului termic este bazată pe alungirea unei sârme calibrate, încălzită de curentul care se măsoară. Instrumentele termice se execută

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

pentru curenții de cel mult 1A. Pentru frecvențele mai înalte decât 1 MHz, ampermetrele dau erori mari, din cauza curenților capacitivi.

Utilizarea şunturilor face posibilă creşterea limitelor de măsură până la 20 A. Şunturile sunt alcătuite din plăcuțe conectate în derivație pe firul principal sau pe banda legată de acul indicator. Uneori se utilizează un şunt inductiv.

În cazul măsurării curenților mari, instrumentul termic este conectat printr-un transformator de măsură de înaltă frecvență (Figura III. 10.), alcătuit dintr-un tub de alamă, pe care se fixează un tor feromagnetic pentru înaltă frecvență. Tubul de alamă constituie circuitul primar al transformatorului, iar înfăşurarea torului – circuitul secundar.

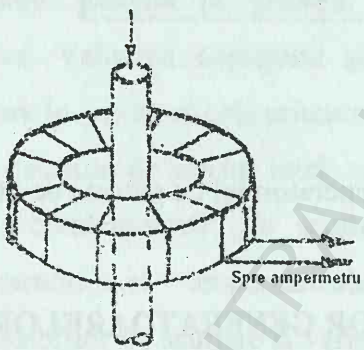


Figura III.10. Transformator de curent de înaltă frecvență

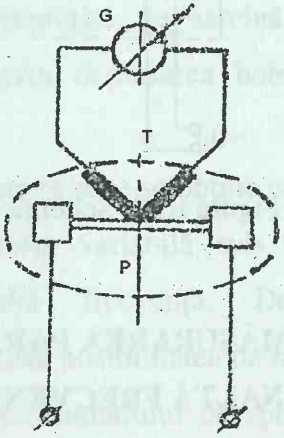


Figura III.11. Schema ampermetrului cu preîncălzitor termic

Înfăşurarea torului se conectează la instrument. Acesta se gradează împreună cu transformatorul. Transformatorul de măsură se foloseşte la frecvențe de până la 3 MHz.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Ampermetrul termoelectric (Figura III.11) este o combinație a unui instrument sensibil, cu cadrul mobil, cu un termocuplu. Forța electromotoare care apare în regiunea de sudură a termocuplului creează un curent continuu, măsurat de instrumentul cu cadru mobil. Încălzirea termocuplului se realizează cu preîncălzitorul P. Preîncălzitorul și termocuplul se introduc într-un balon de sticlă în care s-a făcut vid, sau într-o cutie de material izolant.

Eliminarea pierderilor capacitive și a contactului galvanic cu circuitul de măsură se realizează cu aparatul prezentat în figura III.12, alcătuit dintr-o carcasă 1 de ebonită prevăzută la un capăt cu un tub 2 de teflon fixat de aceasta cu o piuliță 3, iar în partea opusă având dispus un microampermetru analogic 4. Interiorul carcasei 1 este placat cu o folie 5 de aluminiu fixată pe un șurub (a) la o ansă 6 ce se leagă la pământ pentru protecția operatorului.

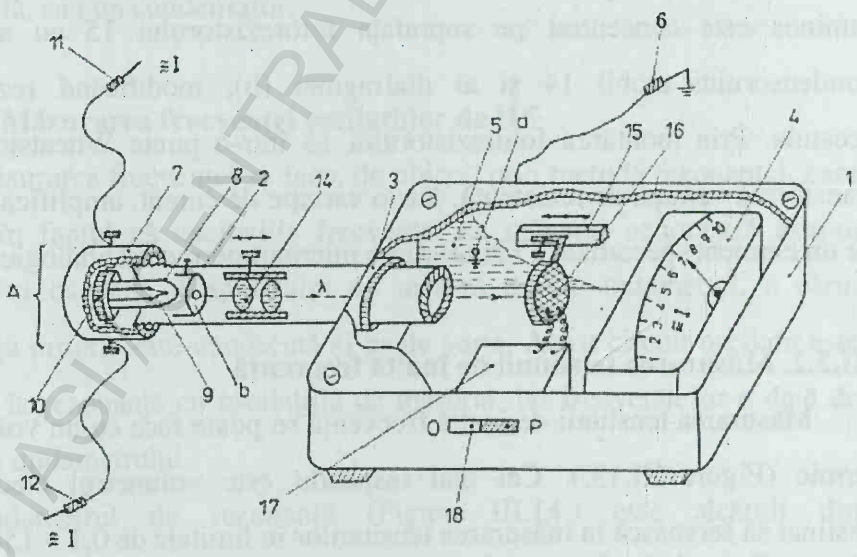


Figura III.12. Aparat pentru măsurarea curentului de înaltă frecvență

BCU IASI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tubul 2 de teflon este prevăzut cu un capac detaşabil 7 în care se dispune un traductor A realizat dintr-un bec 8 de cuartz cu filament liniar 9, montat într-un soclu 10 ceramic şi în legătură cu nişte anse 11, 12 cu care aparatul se racordează la un circuit de măsură 13. În tubul 2 de teflon este dispus un condensator mobil 14 şi o diafragmă (b) ce permite focalizarea şi reglarea intensităţii spotului luminos emis de becul 8 de cuartz, pe un fotorezistor 15 amplasat în interiorul carcasei 1 de ebonită, pe un suport glisant 16.

Fotorezistorul 15 este conectat la un bloc de amplificare 17 în legătură cu o sursă de alimentare cu acumulator şi cu microampermetrul analogic 4. Un buton 18 amplasat în exteriorul aparatului permite pornirea, respectiv oprirea acestuia.

Prin conectarea aparatului la circuitul de măsură 13, curentul de înaltă frecvenţă trece prin filamentul liniar 9 al becului 8, producând un spot luminos proporţional cu intensitatea curentului din circuit. Spotul luminos este concentrat pe suprafaţa fotorezistorului 15 cu ajutorul condensorului mobil 14 şi al diafragmei (b), modificând rezistenţa acestuia. Prin montarea fotorezistorului 15 într-o punte Wheatstone, se transformă variaţia de rezistenţă, într-o variaţie de curent, amplificată apoi cu un element specializat 17 şi afişat pe microampermetrul analogic 4.

III.2.2. Măsurarea tensiunii de înaltă frecvenţă

Măsurarea tensiunii de înaltă frecvenţă se poate face cu un voltmetru termic (Figura III.13.). Cel mai răspândit este voltmetrul electronic, destinat să servească la măsurarea tensiunilor în limitele de 0,1 – 150 V, în

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

gama frecvențelor de 30 – 100 MHz. Cu un divizor de tensiune se pot măsura tensiuni până la 3000 V, în gama frecvențelor de 10 – 20 MHz.

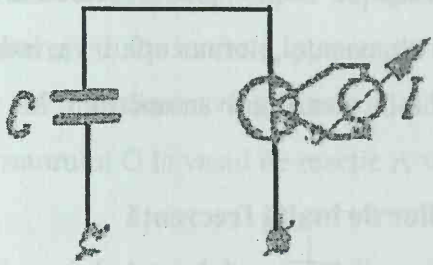


Figura III.13. Schema voltmetrului termic cu condensator

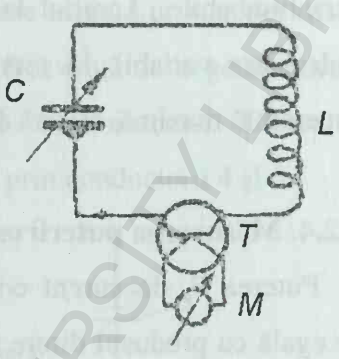


Figura III.14. Schema de principiu a undametrului

Voltmetrul termic este un instrument termoelectric pentru măsurarea curentului, cu preîncălzitor, la care se conectează în serie o rezistență adițională, sau un condensator.

III.2.3. Măsurarea frecvenței oscilațiilor de HF

Măsurarea frecvenței se face, de obicei, prin metoda rezonanței, care constă în faptul că oscilațiile frecvenței de măsurat acționează asupra circuitului oscilant al aparatului de măsură numit undametrul, a cărui frecvență proprie este cunoscută și poate varia. Acest circuit oscilant este acordat la rezonanță cu oscilațiile de măsurat, iar frecvența lor e dată de gradația undametrului.

Undametrul de rezonanță (Figura III.14.) este alcătuit din condensatorul variabil **C**, din bobina de inductanță **L** și din indicatorul

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

rezonanței M. Un astfel de indicator pentru undametre este instrumentul termic alcătuit dintr-un termocuplu T şi un galvanometrul M. Undametrul pentru o gamă largă de frecvențe măsurabile prezintă mai multe bobine interschimbabile. Acordul la rezonanță se obține prin intermediul unui condensator variabil. În momentul rezonanței, termocuplul va indica o temperatură maximă, afişată de acul indicator al galvanometrului M.

III.2.4. Măsurarea puterii oscilațiilor de înaltă frecvență

Puterea P_o de curent continuu, aplicată anodului tubului oscilator, este egală cu produsul dintre tensiunea anodică U_{ao} şi curentul anodic I_{ao}. Această putere este consumată pentru crearea puterii utile de înaltă frecvență $P_{\sim}$ şi pentru încălzirea anodului tubului P_a. Rezultă deci că puterea utilă $P_{\sim}$ se determină ca diferența dintre P_o şi P_a.

$$P_{\sim} = P_o - P_a \qquad \text{(III.3)}$$

Valoarea P_o se obține după inicațiile voltmetrului şi ampermetrului din circuitul anodic, iar puterea P_a va trebui măsurată.

III.3. METODE DE CUPLARE GENERATOR – VAS DE REACȚIE

Vasul de reacție – spațiul unde are loc descărcarea în plasmă – constituie sarcina generatorului de HF. Mărimea, forma şi modul de cuplare la generator al vasului de reacție constituie factori determinanți ai transferului optim de putere, element esențial în aplicațiile plasmei. În practică se utilizează două metode de cuplaj: capacitiv sau inductiv, alegerea fiind dictată de tipul generatorului folosit cât şi de cerințele impuse descărcării de HF.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În figura III.15. este ilustrată schema conectării electrice a electrozilor cilindrici 1 şi 2 ai vasului de reacţie **A,** la generatorul **G,** folosind un cuplaj capacitiv, între electrodul central 1 şi generatorul **G** fiind intercalat un adaptor de impedanţă 3 care asigură un transfer maxim de putere; cu alte cuvinte, puterea de înaltă frecvenţă de la generatorul **G** este în totalitate transmisă descărcării luminiscente. Conectarea generatorului G la vasul de reacţie A se face prin conductorii 4 şi 5.

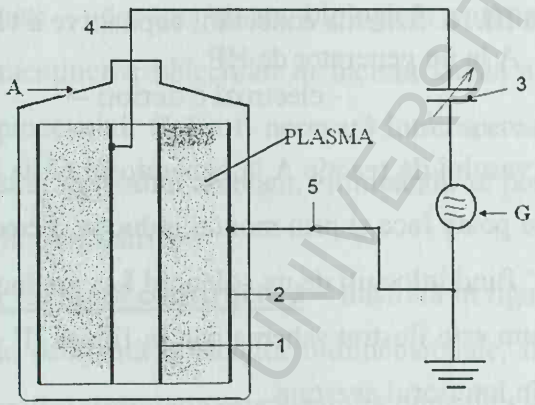


Figura III.15. Schema conectării capacitive a vasului de reacţie A la un generator de HF

- electrozi interiori -

Domeniul descărcărilor electrice de înaltă frecvenţă, de 1,5 - 27 MHz, asigură o mare flexibilitate în alegerea mărimii şi geometriei vasului A cât şi a celor doi electrozi, aceştia putând fi plasaţi în interiorul vasului A, cât şi în exteriorul acestuia (figura III.16.).

În acest caz, cei doi electrozi exteriori 1' şi 2' sunt dispuşi de o parte şi de alta a vasului A, fiind conectaţi la generatorul **G,** în acelaşi cuplaj capacitiv, prin conductorii 4, 5 şi adaptorul de impedanţă 3.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

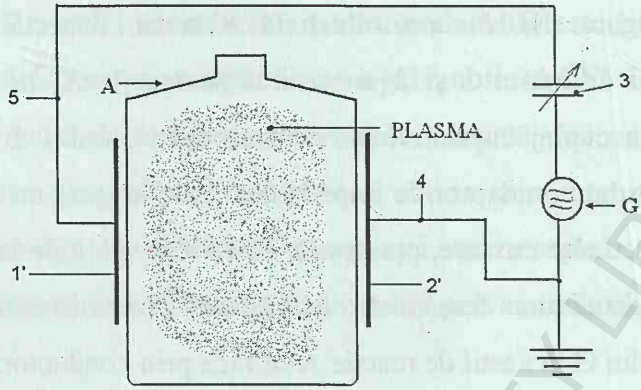


Figura III.16. Schema conectării capacitive a vasului de reacție A la un generator de HF
- electrozi exteriori –

Cuplarea vasului de reacție **A** la generatorul **G** de înaltă frecvență, în altă variantă, se poate face şi prin montaj inductiv, perechile de electrozi 1 şi 2 sau 1' şi 2' fiind înlocuiți de un solenoid **L**, care înconjoară la exterior vasul A, aşa cum este ilustrat schematizat în figura III. 17, sau care poate fi plasat chiar în interiorul acestuia.

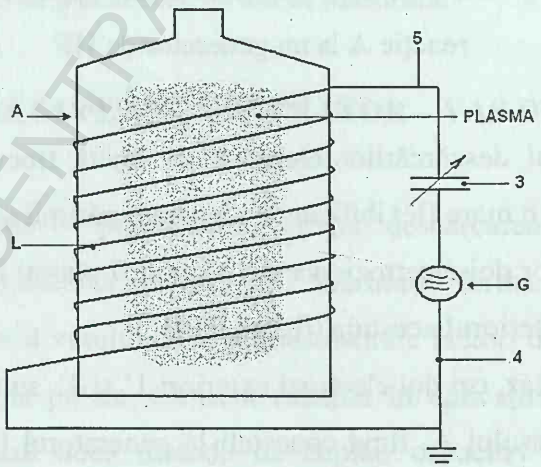


Figura III.17. Schema conectării inductive a vasului de reacție A la un generator de HF

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

III.4. ECHIPAMENT MULTIFUNCȚIONAL DE TRATAMENT ÎN PLASMĂ RECE

Pentru conservarea obiectelor s-a realizat o instalație în două variante, în funcție de natura materialului și configurația obiectelor supuse tratamentului de conservare. Procedeul utilizat pe instalația multifuncțională constă din realizarea, în flux continuu, a unei succesiuni de trei faze distincte – decontaminare biologică, curățire și acoperire protectivă – prin menținerea obiectului în incinta vidată a instalației, pe întreaga durată a procesului, fără a fi necesară întreruperea tratamentului și scoaterea obiectului în mediul ambiant, eliminându-se posibilitatea unei recontaminări sau impurificări.

Într-o primă variantă constructivă – ilustrată în figura III.18. – s-a realizat o instalație destinată obiectelor bidimensionale, flexibile (piele, hârtie, materiale textile). Instalația este alcătuită dintr-un vas de reacție **A**, interschimbabil, racordat la un dispozitiv **B** de alimentare cu monomer, printr-o conductă **1,** de preferință rigidă, montată la partea superioară a vasului de reacție **A** și prevăzut cu un robinet cu ac **2,** pentru reglarea presiunii gazului de lucru la valoarea necesară.

Gazul de lucru – care poate fi aer, argon, azot, hidrogen, oxigen, etc., sau amestecuri ale acestora – se introduce în interiorul vasului de reacție **A,** fiind preluat direct din atmosferă, în cazul folosirii aerului, sau din butelii de înmagazinare uzuale. La partea sa inferioară, vasul de reacție **A** este conectat printr-o conductă **3,** la un vacuummetru electronic **4,** prevăzut cu un filtru **5,** la o trapă de răcire **C**, cu azot lichid, care, la rândul ei, este racordată printr-o conductă **6,** la o pompă de vid rotativă **7**. Un

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

bloc **D**, de comandă şi control, este conectat, pe de o parte la reţeaua electrică şi pe de altă parte la nişte electrovalve **8** şi **9** montate pe conducta **1**, în amonte cu robinetul cu ac **2**, la un termocuplu **10** şi o plită electrică **11,** ataşată dispozitivului **B** de alimentare cu monomer, la o electrovalvă **12,** aflată pe conducta **3,** la vacuummetrul electric **4,** precum şi la pompa de vid **7**.

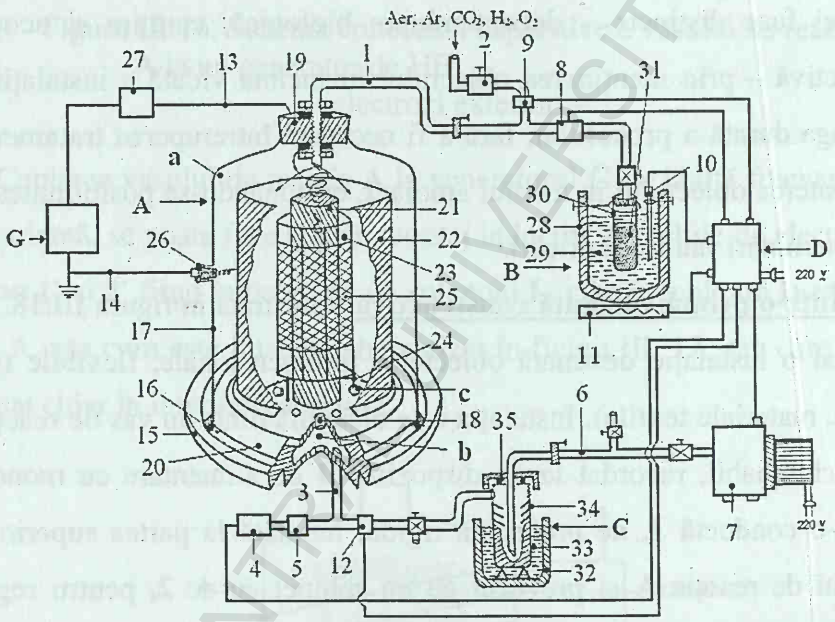


Figura III.18. Schema instalaţiei de conservare a obiectelor bidimensionale flexibile

Vasul de reacţie **A** este conectat electric, printr-un conductor **13**, la un generator **G** de înaltă frecvenţă şi printr-un al doilea conductor **14**, este conectat la borna de legare „la pământ" a generatorului **G**.

Generatorul **G** de înaltă frecvenţă ce lucrează în domeniul 1,5 - 27 MHz, cu puteri de până la 6 KW şi impedanţă mică de ieşire, trebuie să fie

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

capabil să reziste la variații mari de impedanță de sarcină, asigurând obținerea descărcărilor electrice luminiscente în gazul aflat la presiune scăzută într-o incintă a vasului de reacție **A**.

Vasul de reacție **A** reprezintă una din componentele principale ale instalației în care se creează condițiile necesare amorsării, producerii și menținerii descărcărilor electrice generatoare de plasmă și este, totodată, subansamblul în care se introduce obiectul de tratat și în care se desfășoară, succesiv și în flux continuu, toate fazele procedeului de conservare: decontaminare – curățire - acoperire de protecție.

Așa cum se observă din figura III.18., vasul de reacție **A** este alcătuit dintr-o placă de bază **15**, prevăzută pe partea superioară cu o garnitură **16**, pentru a închide etanș la partea inferioară o incintă **a** aparținând unui vas **17,** transparent. Placa de bază **15**, este prevăzută cu niște pereți dubli care delimitează o cameră **b**, pusă, pe de o parte în comunicație, prin conducta **3**, cu vacuummetru electronic **4,** cu trapa de răcire **C** și cu pompa de vid **7** și, pe de altă parte, printr-un ștuț **18** comunică cu incinta **a**, a vasului **17**. Camera **b,** are rolul de a colecta și stoca impuritățile, monomerului rezidual, rezultate în timpul funcționării instalației și de a nu le permite accesul în vacuummetrul electronic **4**. Totodată, camera **b,** are și rolul de a omogeniza fluxul de gaz în incinta **a**.

Vasul **17** are, de preferință, dar nu exclusiv, forma unui clopot și este executat din sticlă transparentă, termorezistentă de tip Pyrex sau din cuarț. La partea sa superioară, vasul **17,** prezintă un orificiu în care este montat etanș un element de închidere **19** care, totodată, realizează și racordul incintei **a**, a vasului **17,** prin conducta **1**, cu dispozitivul **B,** de alimentare

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

cu monomer precum şi conectarea electrică la generatorul **G,** de înaltă frecvenţă, prin conductorul **13.**

La partea superioară a plăcii de bază **15,** este încastrată o piesă **20,** din teflon, pe care este montat un electrod central **21** şi, coaxial cu acesta, un electrod periferic **22,** între cei doi electrozi interiori **21** şi **22** fiind poziţionat un suport obiect **23,** realizat dintr-o grilă de oţel inoxidabil, concentrică cu electrozii **21** şi **22** şi prevăzută cu nişte elemente de susţinere **24,** ce se introduc în piesa **20,** din teflon. Suportul - obiect **23,** este uşor detaşabil de pe piesa **20** şi, pe exteriorul său se fixează, prin mijloace cunoscute, un obiect **25,** supus procesului de conservare.

Electrodul central **21,** este legat electric la generatorul **G,** de înaltă frecvenţă, prin conductorul **13,** care traversează etanş elementul de închidere **19,** iar electrodul periferic **22,** este la rândul său, conectat la borna „pământ" a generatorului **G,** prin al doilea conductor **14,** care trece prin peretele lateral al vasului **17,** cu ajutorul unui al doilea element de închidere **26,** etanş, similar primului element de închidere **19.** În reprezentarea schematizată din figura III.18., electrodul central **21,** este de formă tubulară şi este executat din aluminiu sau oţel inoxidabil. În mod similar, electrodul periferic **22,** este realizat din acelaşi material, la un diametru de două ori mai mare decât electrodul central **21.**

Nişte orificii **c,** executate în piesa **20,** de teflon şi care comunică cu camera **b,** asigură evacuarea amestecului gazos sau amestecul de gaz - monomer, din incinta **a,** a vasului **17,** în camera **b,** aparţinând plăcii de bază **15,** şi de aici, spre sistemul de vidare. Orificiile **c,** cât şi ştuţul **18,** omogenizează scurgerea gazului sau a amestecului gaz - monomer între cei doi electrozi **21** şi **22,** facilitând uniformizarea tratamentului aplicat.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În cazul tratării unor obiecte de formă cavitară **25'** din material organic, se elimină suportul – obiect **23,** din vasul de reacție **A** (Figura III.18), înlocuindu-se cu un electrod – tijă metalică – **21**, amplasat în interiorul obiectului **25'** (Figura 19) şi conectat la generatorul de HF. Pentru efectuarea tratamentului, obiectul cavitar **25',** este menținut în poziția de lucru cu ajutorul unor anse atașate pe electrodul exterior **22.**

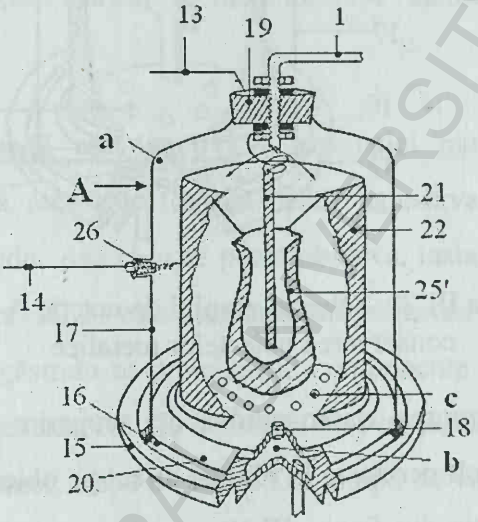


Figura III. 19. Schema vasului de reacție A utilizat pentru conservarea unor obiecte de formă cavitară

La obiecte metalice **25",** rolul electrodului central **21,** îl preia chiar obiectul metalic **25",** care se suspendă pe axa vasului **A,** în interiorul electrodului periferic **22**, aşa după cum se prezintă în figura III.20.

Realizarea uniformă a tratamentului de decontaminare – curățire se realizează în două – trei etape. La fiecare etapă se va repoziționa obiectului metalic 25" față de electrodul periferic 22.

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

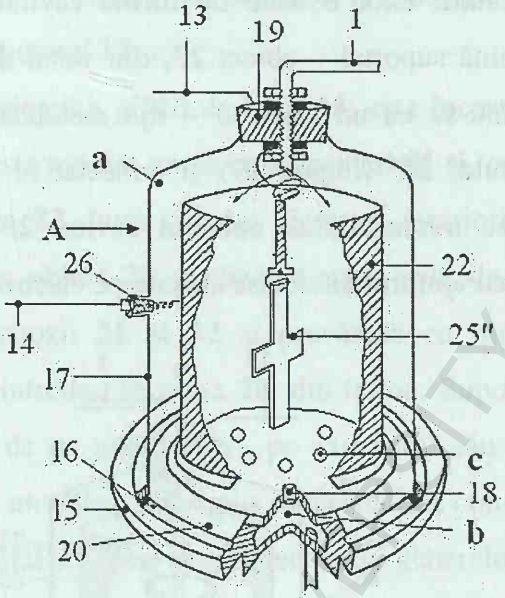


Figura III.20. Schema vasului de reacție A utilizat pentru conservarea obiectelor metalice

Pentru efectuarea tratamentului de acoperire protectivă cu film polimeric, prin polimerizarea în plasmă direct pe obiectul decontaminat în prealabil, instalația din figura III.18 este conectată la dispozitivul **B,** de alimentare cu monomer. Acesta este alcătuit dintr-o baie **28,** cu ulei **29**, de exemplu ulei mineral, așezat pe plita electrică **11**. În masa uleiului **29,** este imersată o eprubetă gradată **30,** conectată etanș la conducta **1**, în care se toarnă o cantitate convenabilă de monomer lichid **31**. Admisia vaporilor de monomer către vasul de reacție **A,** se obține cu ajutorul electrovalvei **8**. Menținerea unei temperaturi constante de evaporare a monomerului lichid **31** - în condițiile în care acesta este răcit datorită conectării la incinta **a,** vidată, a vasul de reacție **A** - se realizează prin încălzirea și termostatarea uleiului **29,** cu ajutorul plitei electrice **11** și a termocuplului **10**.

BCU IAȘI CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

Trapa de răcire **C** este alcătuită dintr-un vas metalic exterior **32,** umplut cu azot lichid **33,** în care este imersat un tub metalic **34,** prevăzut cu orificii de intrare – ieşire, diametral opuse, în legătură cu conducta **3,** a vasului de reacţie **A,** şi respectiv, cu conducta **6,** de legătură cu pompa de vid **7.** Capacul **35,** etanş şi demontabil, aşezat la partea superioară a tubului metalic **34,** permite accesul în interiorul acestuia, în vederea eliminării impurităţilor şi/sau a monomerului rezidual depuse prin condensare.

A doua variantă constructivă a instalaţiei multifuncţională de tratament în plasmă rece este folosită pentru conservarea unor obiecte tridimensionale, rigide. Aşa cum se poate observa, instalaţia reprezentată schematizat în figura III.21 este asemănătoare cu aceea din figura III.18, în construcţia ei regăsindu-se principalele componente: vasul de reacţie A_1, cu incinta **a,** generatorul **G,** de înaltă frecvenţă, dispozitivul **B,** de alimentare cu monomer, trapa de răcire **C,** pompa de vid **7,** blocul **D,** de comandă şi control, ca şi o serie de elemente de circulaţie, închidere, reglare şi control al fluidelor, precum şi elemente de conectare electrică.

Spre deosebire, însă, de instalaţia descrisă anterior şi reprezentată în figura III.18., în această variantă, vasul de reacţie A_1, este construit dintr-o manta cilindrică **36,** din sticlă termorezistentă sau din cuarţ, aşezată cu axa în plan orizontal şi susţinută de o placă de bază **37.** Mantaua cilindrică **36,** este obturată etanş la cele două extremităţi de nişte capace **38** şi **39,** cu rol de electrozi, realizate de preferinţă din oţel inoxidabil, capacele **38** şi **39** fiind sprijinite şi fixate pe mantaua cilindrică **36,** cu ajutorul unor garnituri de cauciuc siliconic şi a unor elemente mecanice.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

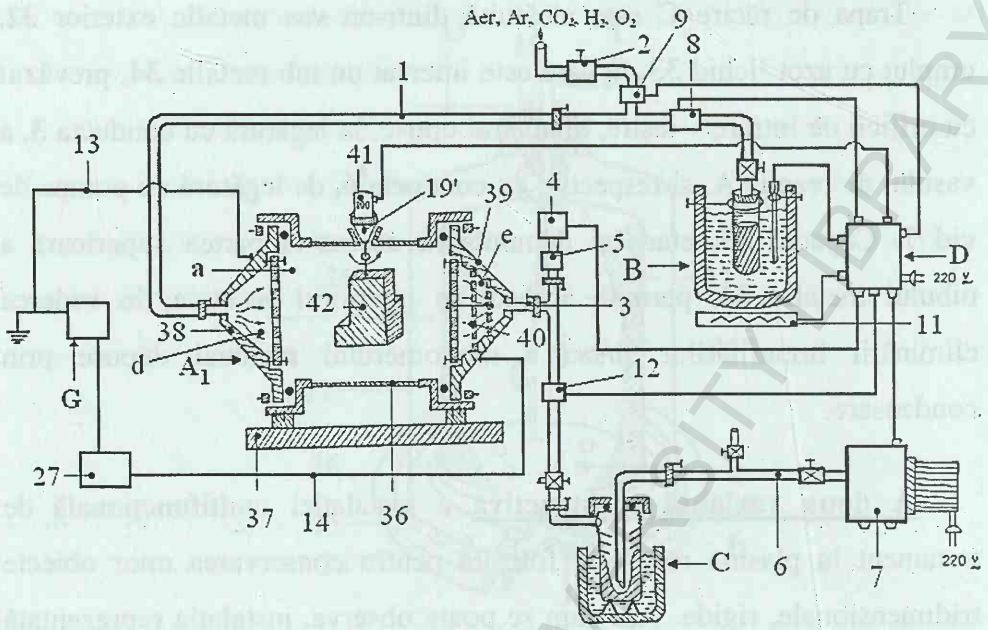


Figura III.21. Schema instalației destinată conservării unor obiecte rigide cu o configurație complexă

Capacele **38** și **39,** cu rol de electrozi, sunt conectate electric prin conductorii **13, 14** și prin adaptorul de impedanță **27**, la generatorul **G** de înaltă frecvență. În interiorul vasului de reacție A_1, în spatele capacului **38** se formează o incintă **d,** iar în spatele capacului **39,** se creează o incintă **e.** În incinta **e,** sunt montate niște grile metalice **40**, de exemplu în număr de trei, paralele între ele, confecționate din tablă de oțel inoxidabil și prevăzute cu niște orificii, grilele **40,** fiind montate cu orificiile decalate unghiular între ele. Grilele metalice **40,** au rolul de a reține impuritățile și monomerul rezidual, care au părăsit incinta **a**, a vasului de reacție A_1.

Incinta **d,** este racordată la conducta **1,** ce asigură legătura cu atmosfera sau cu recipientul conținând gazul de lucru și, totodată, cu dispozitivul **B,** de alimentare cu monomer, în timp ce incinta **e,** este pusă

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

în legătură, prin conducta 3, cu trapa de răcire C şi cu pompa de vid 7. Un motor electric 41, este montat etanş, printr-un element 19', asemănător cu elementul de închidere 19, în mantaua cilindrică 36, pe o generatoare superioară a acesteia. Pe axul motorului electric 41 este suspendat, în vederea conservării sale, un obiect rigid 42, cu o configuraţie complexă.

Funcţionarea şi modul de lucru al instalaţiei reprezentată în figura III.21 sunt identice cu ale instalaţiei din figura III.18, cu precizarea că motorul electric 41, antrenează în mişcare de rotaţie, cu viteză reglabilă, obiectul rigid 42, suspendat în incinta a, a vasului de reacţie A_1, asigurându-se în acest fel un tratament eficace şi uniform pe întreaga sa suprafaţă.

III.4.1. Tratamentul în plasmă rece cu echipamentul multifuncţional

Prima fază a procedeului de conservare, propriu zis, este decontaminarea biologică în plasmă de înaltă frecvenţă, prin care, se produce distrugerea materialului genetic al microorganismului sub acţiunea radiaţiilor UV, erodarea microorganismelor, atom cu atom, prin fotodesorbţie intrinsecă şi distrugerea lor progresivă prin intermediul fenomenului de corodare. Parametrii de operare ai fazei de decontaminare biologică sunt indicaţi în tabelul III.1.

În anumite aplicaţii, în funcţie de gradul de infestare şi tipurile de contaminaţi biologici existenţi în structura obiectului, în loc de aer atmosferic - ca mediu gazos în care se produc descărcările electrice – se recomandă utilizarea altor gaze pure cum ar fi oxigenul, sau amestecuri de gaze, ca de exemplu: 92% argon şi 8% oxigen, sau 95% azot şi 5%

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

oxigen, prin folosirea cărora se reduce durata tratamentului şi se menajează suprafaţa tratată.

Tabelul III.1. Parametrii de operare în faza de decontaminare

Nr. crt.	Denumirea parametrului	Intervale de valori
1	Natura mediului gazos	aer atmosferic, gaze pure, amestecuri gazoase
2	Presiunea mediului gazos	2 - 3,5x10^{-1} mbar
3	Temperatura mediului gazos	35 - 40 °C
4	Frecvenţa descărcărilor electrice	1,2 sau 13,5 MHz
5	Intensitatea câmpului electric	20 - 50 V/cm
6	Puterea în descărcare	100 - 1000 W
7	Durata	10 - 60 min.

Durata tratamentului, cuprinsă între 10 - 60 min., depinde în mare măsură de gradul de infestare a obiectului, un timp de max. 60 de minute fiind, de regulă, suficient pentru a garanta înlăturarea completă a tuturor categoriilor de contaminaţi biologici cu incidenţă maximă, în special în sfera obiectelor de patrimoniu mobil. Se recomandă ca durata totală, prestabilită, să se împartă în mai multe secvenţe de 10 - 15 min., fiecare secvenţă fiind urmată de o pauză de 30 - 35 min., care să contribuie la răcirea obiectului supus tratamentului.

III.5. INSTALAŢIE DE CONSERVARE ÎN PLASMĂ DE HF A CĂRŢILOR

Instalaţia pentru realizarea tratamentelor de decontaminare în mediu de plasmă rece de înaltă frecvenţă a suportului papetar sub formă de carte, ca obiect de patrimoniu, este prezentată în figura III.22. Elementele

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

importante ale unei astfel de instalații sunt: vasul de reacție 1, pompa rotativă de vid 3, generatorul de înaltă frecvență, și un sistem de comandă și control 4 care reglează și monitorizează parametrii de lucru și debitul de gaz din incintă. Pentru evitarea impurificării uleiului din pompa de vid se introduce în circuit o trapă cu azot lichid 2.

Reactorul confecționat din sticlă Pyrex, este prevăzut cu doi electrozi plan - paraleli 7, din inox și un suport de construcție specială 8, care permite răsfirarea paginilor cărții 9, astfel încât particulele reactive din plasmă să acționeze pe toată suprafața paginilor.

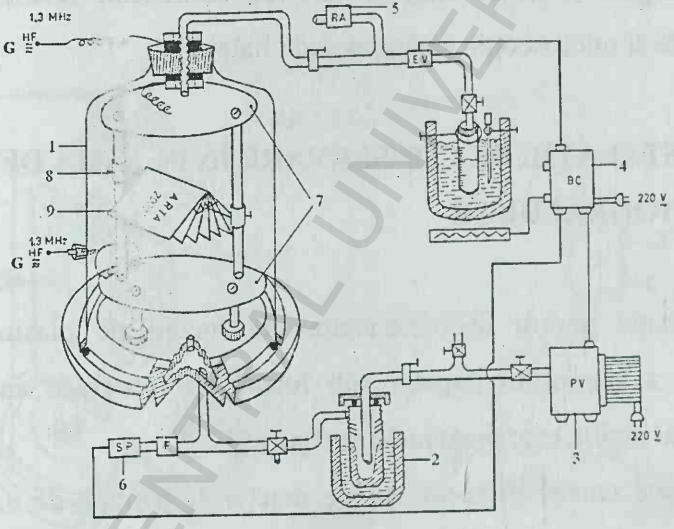


Figura III.22. Schema instalației pentru conservarea cărților în plasmă de HF

La stabilirea parametrilor de lucru în plasmă s-a ținut cont de sensibilitatea materialului papetar la acțiunea radiațiilor UV, de gradul de deteriorare al hârtiei și gradul de infestare.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Cărţile sunt introduse în incinta de vid şi se tratează în plasmă rece de înaltă frecvenţă timp de 60 minute în două etape de 30 min fiecare, la următorii parametrii:

- presiune: $3 \div 4 \cdot 10^{-1}$mbar
- frecvenţa: 13,5 MHz
- intensitatea câmpului electric: 20 V/cm
- puterea în descărcare: 50 W
- mediu: aer rarefiat.

După fiecare etapă de tratament se face câte un set de analize microbiologice şi fizico chimice (FT-IR, modificări cromatice, analiză elementală şi microscopie electronică de baleiaj).

III.6. INSTALAŢIE DE CONSERVARE ÎN PLASMĂ DE HF A FOTOGRAFIILOR

Instalaţia pentru decontaminarea în mediu de plasmă de înaltă frecvenţă a suportului papetar sub formă de fotografii ca obiecte de patrimoniu mobil, este prezentată în figura III.23.

Aceasta constă dintr-un vas de reacţie 1, o trapă de azot lichid 2, pompa de vid 3, şi este conectată la un bloc de comandă şi control 4. Presiunea în vasul de reacţie este ajustată cu ajutorul unui robinet cu ac, fiind monitorizată pe dispozitivul 6. Vasul de reacţie este prevăzut cu un set de electrozi plan paraleli 7. Descărcarea de înaltă frecvenţă este iniţiată în reactor şi menţinută de către generatorul G, cu frecvenţa de 13,5 MHz. Presiunea în vasul de reacţie şi debitul de gaz sunt reglate de către blocul de comandă şi control. Tratamentul de decontaminare al fotografiilor ca

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

obiecte de patrimoniu este realizat cu următorii parametri operaționali, în funcție de gradul de contaminare:

- presiune: $3{,}5 \div 7 \cdot 10^{-1}$ mbar
- temperatură: $35 \div 40°$ C
- frecvența: 13.5 MHz
- intensitatea câmpului electric: 20 – 50 V/cm
- puterea în descărcare: 100 W
- durata: 30 – 40 min
- mediu : aer rarefiat.

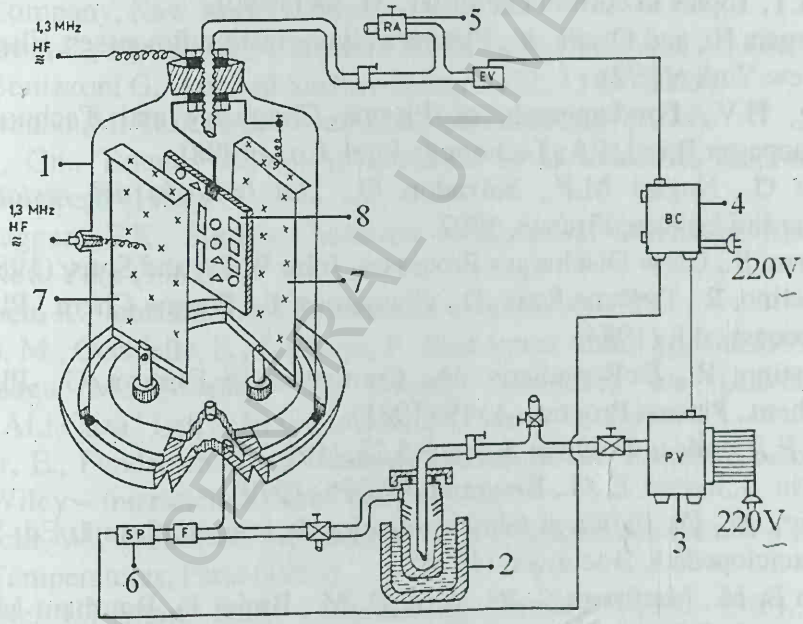


Figura III.23. Schema instalației de conservare a fotografiilor în plasmă de HF

BCU IAȘI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

REFERINTE BIBLIOGRAFICE

Aldea E., Dinescu G., Gielen M.,. van de Sanden M. C. M, Schram D. C., Rom. Reports in Physics, 49, 3–4 (1997).

Aldea E., *Plasma Polymerization Processes. Characteristics and Applications* Ph.D. Thesis, http://home.wxs.nl/~ealdea/thesis.pdf .

Aldea, E., Dinescu,G., Musa, G., Albu, B., Nechifor, G., Popescu , G., Journal of Romanian Physics 10 (1995)

Alexandru, G. ,Pompe de vid, Ed. Tehnică, Bucureşti, (1972)

Amouroux, J., Arefi, F., Spartacus,P.,Mournet., Goldman, M., proceedings of ACS division of polymeric Materials : Science and Engineering, V. 56,p.332. Spring Meeting (1987), Denver, Colorado.

Bădărău, E., Fizica descărcărilor în gaze, Ed. Acad., Bucureşti, (1957).

Bădărău, E.,Popescu,I.I., Gaze ionizante. Descărcări electrice în gaze, Ed. Tehnică, Bucureşti, (1965).

Bell, A.T, Topics in current chemistry, 31, 94 (1980).

Biederman, H., and Osada, Y., Plasma polymerization Processes, Elsevier, New York (1992).

Boenig, H.V., Fundamentals of Plasma Chemistry and Technology, Lancaster,Basel, PA: Technomic Publ. Co., (1988).

Caneva G., Nugari M.P., Salvadori O., *„La biologia nel restauro"*, Nardini Editore, Firenze, 1997.

Chapman, B., Glow Discharges Processes, John Wiley and Sons, (1980).

D'Agostino, R., DeBenedictis ,D., Cramarosa, F., Plasma Chem., Plasma Process., 4,l, (1984).

D'Agostino, R., DeBenedictis ,D., Cramarosa, F.,Ferraro, G., Plasma Chem., Plasma Process., 1, 19 (1981).

Deneş, F.,Trends in Polymer Science 5,23, (1997).

Dumitriu, S.,Ioanid, E.,G., Brevet nr. 67.076 (1979).

Gabovici, M., D., Fizica şi tehnica surselor de ioni cu plasmă, Ed. Şt. şi Enciclopedică, Bucureşti, (1976).

Gawish S. M., Matthews S. R., Wafa D. M., Breidt F., Bourham M. A., Journal of Applied Polymer Science 103, 1900 (2007).

Gămălie G., Mustață M., European Journal of Science and Theology, 2(2), 69 (2006).

Gherbanovschi, H., Petrescu, Gh., Descărcarea inelară, Ed. Academiei, Bucureşti, (1983).

Hollahan, J.,R., Bell, A.,T., (Eds.),Tehnique and Application of Plasma Chemistry, John Wiley and Sons, (1974).

BCU "LUCIAN BLAGA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Inagaki N., *Plasma Surface Modification and Plasma Polymerization*, Technomic Pub. Co, (1996).
Inagaki, N., „Plasma Surface Modification and Plasma Polymerization" Technomic Pub Co, (1996)
Ioanid G.E., Rom. Journ. Phys. 50 (9-10), 1071 (2005).
Ioanid G.E., Simionescu B.C., Brevet RO 73273, (1979).
Ioanid G.E., Vlad A.M., Brevet RO 112330, (1997).
Ioanid, E. G., Teză de doctorat,Universitatea Politehnică Iasi, (2001).
Iordăchescu, V., Popescu, M., Probleme actuale de utilizare a plasmei. Sinteză documentară, CNST, Bucureşti, (1971).
Kapţov, N., A.,Fenomene electrice în gaze şi vid, Ed., Tehnică, Bucureşti, (1955).
Korobsev, S.V., Kosinova, T.A., Rakhibbabaev, Ya.R., Rusanov,V.D. Plasma Chem. & Plasma Process., 6(1) p. 97, (1986).
Kunkel, W.,B., Plasma Physics, Theory and Application, Mc. Graw – Hill Company, New York (1966).
Laguardia L., Vassallo E., Cappitelli F., Mesto E., Cremona A., Sorlini C., Bonizzoni G., Applied Surface Science 252, 1159 (2005).
Macoveanu ,M. Teză de doctorat, Inst. Politehnic Iaşi, (1979).
Marin, Gh., Tehnica vidului şi aplicaţiile ei în industrie, Ed.,Tehnică, Bucureşti (1983).
Mc Taggart, F.K., Plasma Chemistry in Electrical Discharge, Elsevier, New York (1967).
Methuen, K., Ionization and Breakdown in Gases (1957).
Morra, M., Occhiello, E., Garbassi, F., Surf.Interf.Anal., 16, 412 (1990).
Moşneagu M., Mustaţă M., Analele Ştiinţifice ale Universităţii „Al.I.Cuza" Iaşi, s. Biologie animală, Tom L (2004).
Nasser, E., Fundamentals of Gaseous Ionization and Plasma Electronics, Wiley – Interscience, New York, (1971).
Nowacki, W., Theories et Aplications de la Physique des Plasma a Basses Temperatures, Paris (1965).
O'Toole, L., Short, R.D., J.Chem.Soc., Faraday Trans., 93(6), 1141 (1997).
Ogumi, Z., Japan Association of Ion Exchange, Vol. 8, pp. 91-100, (1997), .
http://koken-db.kogaku-u.ac.jp./1997/C/ EH/97CEH21001.html
Olaru,N., Ioanid,E.G. Brevet nr.68960, (1978).
Popa Gh., Gheorghiu M., *„Aplicatii tehnologice ale plasmei"* Ed. Univ. „Al. I. Cuza" Iasi, (1998).

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Popescu, I.I., Iancu ,I., Toader, E., Fizica plasmei şi aplicaţii, Edit. Stinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti (1981).
Raffaele-Addamo A., Riccardi C., Selli E., Barni R., Piselli M., Poletti G., Orsini F., Marcandalli B., Massafra M.R., Meda L., Surf. Coating Technol. 174-175, 886 (2003).
Rossi F., Kylian O., Hasiwa M., Plasma Process. Polym. 3, 431 (2006).
Schen, M., Bell, A.T, Plasma Polymerization,ACS, 108 (1979).
Scot, T., Ken-Chang Chu, Venugopalan, M., J.Polym. Sci., Polym.Chem.Ed., 17, 267 (1979).
Simionescu, C.I. Topor, C., Ioanid, E., G.,E.Neagu, Bul. Politehnic Iaşi TXIII(XLVIII) Sect.II, .91, (1997).
Simionescu,C.I., Simionescu, B, Mora,R.,Leancă,M., Ioanid,E.G., Rev. Comte Rend. Acad.Sci.Paris 284,C, 743 (1977).
Simionescu,C.I., Mora,R., Olaru, N., Ioanid,E.G., Rev. Comte Rend. Acad.Sci.Paris 282,C, 679 (1976).
Toma, M., Popa, GH., Aplicaţii ale fizicii plasmei, Ed. Tehnică, Bucureşti, (1982).
US Pat 5.413.759, (1995).
Van Ooij, W., J., Eufinger, S., Ridgway, T.H., Plasma and Polymers,1,231, (1996).
Yasuda H., Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry, 38, 943, (2000).
Yasuda, H..,"Glow Didcharge Polymerization" , J. Polym. Sci.:Macromol. Rev.16, 199 (1981).
Yasuda, H..,"Plasma Polymerization" , Academic Press, London (1985).
Yasuyuki T., Kensuke A., Akinori I., Progress in Organic Coatings 34, 100 (1998).

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CAPITOLUL IV

DEGRADARE ŞI DETERIORARE BACTERIANĂ

Obiectele cu valoare de patrimoniu cultural au în compoziție materiale de natură organică şi anorganică, ce pot deveni, în condiții necorespunzătoare de mediu sau de microclimat, surse de hrană pentru dezvoltarea microorganismelor în/sau pe suprafața acestora.

Cele mai întâlnite tipuri de suporturi utilizate pentru punerea în operă a obiectelor de valoare sunt grupate în două categorii: **suporturi organice** (lemnul, textilele, hârtia, papirusul, pielea şi pergamentul, osul, fildeşul etc.) şi **suporturi anorganice** (piatra, ceramica, metalele, sticla etc.).

Alterările şi degradările suferite de obiectele de artă sunt caracteristice unui anumit material, fiind într-o oarecare măsură influențate de agenții de degradare externi. Aceştia produc degradări, a căror gravitate depinde de natura, intensitatea şi durata acțiunii lor, cât şi de modul în care interferează sau se suprapun. Biodegradarea materialelor implică mecanisme diferite: o serie de procese sunt de natură fizico-mecanică (dezintegrări), iar altele sunt de natură chimică (descompuneri). În general, cele două tipuri de procese au loc simultan şi depind de agentul de biodegradare, de tipul de substrat şi de condițiile de mediu. Dezvoltarea microorganismelor poate crea condiții pentru creşterea altor specii din diferite alte grupe şi se poate crea astfel o succesiune ecologică. Când biodegradarea este completă, elementele din macromolecula originală sunt transferate într-o formă anorganică.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

IV.1. IDENTIFICAREA BACTERIILOR DETERIORATOARE CE ACȚIONEAZĂ ASUPRA COLECȚIEI DE MATERIALE ISTORICE FĂRĂ VALOARE DE PATRIMONIU ŞI A EŞANTIOANELOR DE REFERINȚĂ

Rigorile impuse de Normele de Restaurare şi Conservare elaborate de forurile competente, precum şi respectul față de obiectele ce alcătuiesc zestrea noastră culturală, ne-au determinat să demarăm studiile ce fac obiectul acestei cărți pe piese istorice fără valoare de patrimoniu şi pe eşantioane de referință.

Pentru aceasta s-a procedat într-o primă etapă, la recoltarea, prin tehnici specifice, de probe microbiologice de pe diferite obiecte istorice, identificarea şi clasificarea microbiotei existente în funcție de natura materialului suport (textile, piele, hârtie, lemn).

Pe baza rezultatelor obținute s-a trecut la următoarea etapă, ce a constat în însămânțarea artificială cu microorganismele identificate a unor eşantioane de referință similare (din punct de vedere chimic şi structural) cu materialele ce intră în componența obiectelor de patrimoniu. După formarea coloniilor, eşantioanele au fost tratate în plasmă rece de înaltă frecvență pentru stabilirea parametrilor optimi de lucru în funcție de natura agentului degradator, gradul de infestare şi natura materialului suport, în scopul evitării oricărui efect negativ al plasmei asupra obiectelor din suport organic. În final, după corelarea datelor obținute s-a trecut la tratamente pe piese de patrimoniu.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

IV.1.1. Modalități de recoltare și însămânțare a probelor în cazul obiectelor de patrimoniu

Modul de recoltare al probelor este impus de valoarea artistică și cultural istorică a obiectelor cercetate în sensul adaptării unor procedee de recoltare specifice care să nu ducă la o depreciere suplimentară a subiectului cercetat. Astfel, în funcție de natura substratului, a modului de degradare sau de evidențiere a atacului și a modului de manifestare a agentului de biodeteriorare (creșteri miceliene, fructificații sau numai urme ale acestora) s-au adoptat următoarele tehnici de recoltare:

1. ***Răzuirea*** sau ***detașarea*** cu ajutorul unui bisturiu steril a ***eflorescenței*** (praf albicios mai mult sau mai puțin observat la frescă, fisuri, exfolieri, desprinderi fragmentare, pete), a ***creșterii miceliene*** sau a ***fructificațiilor*** și colectarea lor în eprubete de sticlă sterile sau plicuri de hârtie sterilă.

2. ***Răzuirea*** sau ***detașarea*** cu ajutorul unui bisturiu steril a ***unor fragmente din substratul degradat*** - fragmente nerecuperabile prin lucrările de restaurare - și colectarea lor în eprubete de sticlă sterile.

3. ***Tamponarea petelor*** de mucegai în așa fel încât praful albicios - eflorescența fragmentelor miceliene și sporii să adere la suprafața unor tampoane de vată modelate corespunzător, sterilizate și colectate în vase sterile.

4. ***Metoda amprentelor*** - folosită în special pentru recoltarea de probe de pe obiecte de artă de o deosebită valoare. Ea constă în presarea unor rondele de hârtie de filtru sterile (umectate în ser fiziologic sau nu) pe părțile atacate, încât sporii și fragmentele miceliene să adere la suprafața rondelelor care se transferă apoi pe medii de cultură.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

IV.1.2. Tipuri de colonii microbiene

Cultivarea microorganismelor se poate face în medii lichide şi pe medii solide.

Cultivate în medii lichide, microorganismele formează **culturi** al căror aspect este diferit în funcţie de grup, de specie şi de proprietăţile fizico-chimice ale mediului.

Culturile prezintă o serie de caracteristici care pot fi utile pentru identificarea speciilor cultivate şi pentru eventualele forme de variabilitate:

- *gradul de tulburare al mediului*: formarea de sediment; formarea de peliculă la suprafaţa mediului; formarea de văl sau inel etc.;
- *mirosul* pe care îl degajă cultura;
- *pigmentarea culturii*; tipul pigmentului.

Cultivate pe medii solide, microorganismele se dezvoltă sub formă de **colonii**. Colonia reprezintă o populaţie celulară rezultată din creşterea şi multiplicarea uneia sau mai multor celule aparţinând aceleiaşi specii sau tulpini.

Caracterizarea coloniilor implică precizarea următoarelor aspecte:

- dimensiunile: 1 mm la streptococ; câţiva mm la bacili; 1 cm şi chiar mai mult la levuri;
- forma (punctiformă, rotundă, filamentoasă, neregulată, rizoidă, fusiformă etc.);
- aspectul marginilor (întreagă, ondulată, lobată, neregulată, dinţată, filamentoasă, buclată);
- profilul coloniei (plat, ridicat, convex, emisferic, umbonat);
- consistenţa (vâscoasă, mucilaginoasă, uscată);

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- transparența sau opacitatea;
- culoarea și aderența.

După aspectul morfologic, la bacterii au fost descrise două tipuri principale de colonii: **colonii S** (smooth = neted) și **colonii R** (rough = rugos).

Coloniile de tip S sunt netede, bombate, cu suprafața strălucitoare și marginile regulate. Se desprind ușor de pe substrat, formează suspensii omogene în soluție salină, izotonică (NaCl 8,5‰), tulbură uniform bulionul. În cazul speciilor capsulate, celulele prezintă capsule. La speciile patogene, tulpinile cu colonii S sunt virulente.

Coloniile de tip R sunt turtite, cu suprafața zbârcită, aspră, cu margini neregulate, dințate. Sunt aderente de substrat; în soluție salină izotonică aglutinează spontan; în bulion se dezvoltă greu, formând sediment. Celulele sunt necapsulate chiar dacă aparțin unei specii capsulate. În cazul speciilor patogene, tulpinile cu colonii R sunt nevirulente sau au virulență slabă. Excepție fac *Mycobacterium tuberculosis* și *Bacillus anthracis*.

În afară de aceste două tipuri principale de colonii, la bacterii au mai fost descrise și **colonii mucoase de tip M** precum și **colonii mobile**.

Coloniile de tip M sunt de fapt colonii de tip S dar celulele sunt capsulate. Substanțele capsulare dau coloniilor o consistență mucoasă-vâscoasă și le imprimă tendința de a se întinde pe mediu.

Coloniile mobile se pot deplasa pe suprafața mediilor solide printr-o mișcare de rotație levogiră sau de translație datorată aparatului flagelar puternic. Se întâlnesc numai la bacilii mobili cu spori deformanți (*Bacillus circulans, Bacillus alvei, Bacillus sphaericus* var. *rotans*).

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

IV.1.3. Tehnica examinării caracterelor morfologice şi tinctoriale ale bacteriilor

Examenul microscopic

Celula bacteriană, datorită dimensiunilor ei, nu poate fi observată cu ochiul liber, ci numai cu ajutorul aparatelor optice speciale. În vederea examenului microscopic, bacteriile pot fi examinate în stare vie, într-o suspensie în ser fiziologic sau pe frotiuri fixate şi colorate după diferite tehnici, practică folosită în mod curent.

Examenul bacteriilor în stare vie

Examenul între lamă şi lamelă - pe o lamă de sticlă bine curăţată şi degresată se depune cu pipeta Pasteur o picătură din suspensia bacteriană de cercetat: picătura se acoperă cu o lamelă curată; se coboară condensatorul şi se închide parţial diafragma de câmp; se aşează preparatul pe platina orizontală şi se examinează cu un obiectiv uscat, puternic (40 x), după trecerea a 4 minute, necesare pentru stabilizarea preparatului; după examinare, preparatul se depune într-un borcan cu soluţie dezinfectantă (ex. amestec sulfocromic).

Examenul în picătură suspendată – pe o lamelă, se depune o picătură de ser fiziologic în care se suspendă bacteriile de observat. Lamela se răstoarnă printr-o mişcare rapidă, în aşa fel încât picătura de suspensie să nu se prelingă şi se depune pe o lamă excavată; picătura suspendată trebuie să fie deasupra godeului, iar manipularea preparatului trebuie făcută în aşa fel încât picătura să nu se prelingă şi să nu ajungă în contact cu pereţii godeului. Se examinează imediat la microscop cu un obiectiv uscat, puternic (40 x).

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Ambele metode de examinare la microscop se folosesc pentru punerea în evidență a mobilității bacteriilor.

În realizarea examenului bacteriilor în stare vie trebuie respectate următoarele reguli:

- când se execută suspensia microbiană trebuie avut grijă ca lama și pipeta sau firul metalic al ansei de însămânțare să fie bine răcite, pentru a nu distruge microorganismele prin căldură;
- examenul microscopic trebuie făcut cât mai rapid după depunerea culturii pe lamă, pentru a nu se usca.

Examenul bacteriilor în frotiuri colorate

Tehnica executării frotiurilor

În vederea examinării, bacteriile sunt depuse pe o lamă sterilă de sticlă. Operațiunea de întindere a materialului bacterian pe lamă este denumită, în mod curent, **"executarea unui frotiu"**, termenul de frotiu fiind utilizat pentru desemnarea lamei cu materialul microbian etalat pe suprafața ei.

Pentru prepararea frotiurilor se folosesc lame de sticlă curate și bine degresate. Degresarea se face prin păstrarea lamelor în cristalizoare cu alcool. În momentul utilizării, lamele se șterg cu tifon apoi se flambează la flacăra becului de gaz.

Frotiurile se execută fie cu ajutorul ansei, fie cu pipeta Pasteur.

Materialele biologice din care se execută aceste frotiuri, sunt reprezentate de culturile bacteriene sau de diferite produse patologice.

Timpii de efectuare ai frotiului sunt următorii:

- etalarea;

BCU IASI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- uscarea la temperatura camerei;
- fixarea prin căldură;
- colorarea.

Etalarea constă în întinderea produsului de examinat pe lamă cu ajutorul unei anse sau cu pipeta Pasteur, în aşa fel încât să se obţină un strat subţire şi uniform, pe o suprafaţă aproximativ de 2 cm^2, care să cuprindă centrul lamei şi să nu atingă marginile ei.

Dacă produsul de examinat este o cultură microbiană într-un mediu lichid, se depune cu pipeta Pasteur o picătură din cultură în centrul lamei şi apoi se etalează. Dacă produsul de cercetat este o cultură pe mediul solid, se omogenizează o porţiune dintr-o colonie într-o picătură de ser fiziologic sau apă distilată pusă pe lamă, după care se întinde.

Uscarea – frotiul astfel executat se lasă să se usuce la temperatura camerei sau la termostat.

Fixarea – este o condiţie absolut necesară în tehnica executării frotiului. Prin fixare se produce denaturarea proteinelor microbiene care duce pe de o parte la moartea bacteriilor, deci înlătură posibilitatea de infectare, iar pe de altă parte face ca preparatul să adere mai bine pe lamă. Denaturarea proteinelor celulare prin procesul de fixare se pare că ar avea rol şi în mecanismul intim al colorației, în sensul că măreşte afinitatea structurilor celulare pentru colorant. Pentru fixare se foloseşte cel mai frecvent căldura.

Fixarea prin căldură se face trecând lama de câteva ori, cu frotiul în sus, prin flacăra unui bec de gaz. Fixarea nu trebuie să dureze mai mult de 5-10 secunde, iar temperatura nu trebuie să fie prea ridicată, pentru a nu modifica structura celulelor bacteriene. Pentru a verifica dacă încălzirea

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

nu este prea puternică, se atinge lama pe dosul palmei. După ce frotiul a fost fixat se trece la **colorare**.

Metode de colorare

Frotiurile fixate se pot colora prin trei tipuri de metode:

- ❖ metode simple;
- ❖ metode compuse sau diferențiale;
- ❖ metode speciale.

Coloraţia simplă

Coloraţia simplă utilizează un singur colorant (de obicei bazic) şi permite stabilirea morfologiei bacteriene precum şi punerea în evidenţă a elementelor celulare din produsele patologice.

Pentru coloraţia simplă se întrebuinţează cel mai frecvent soluţia de albastru de metilen sau fucsină fenicată Ziehl diluată 1/10. Mai rar sunt utilizate soluţiile violet de metil, violet de genţiană, albastru de toluidină etc.

Tehnica de lucru:

Frotiul uscat şi fixat se acoperă cu soluţia colorantă:

- se ţine 1-2 minute;
- se varsă colorantul, se spală cu apă de robinet, se usucă;
- se examinează la microscop cu obiectivul de imersie.

În general, în coloraţia simplă, bacteriile iau culoarea colorantului utilizat. Unii coloranţi, în prezenţa anumitor structuri celulare, îşi modifică culoarea realizând **metacromazia**, fenomen prin care, după colorare, celulele bacteriene sau numai părţi ale acestora apar colorate altfel decât colorantul folosit. Acest fenomen a fost explicat prin punerea în libertate a

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

bazei colorate, care prezintă un alt spectru de absorbție decât sarea colorată.

Coloraţii compuse

Dintre coloraţiile compuse, coloraţia Gram şi coloraţia Ziehl-Neelsen au cea mai largă utilizare în bacteriologie.

Coloraţia Gram

Materiale necesare:

- violet de metil - soluţie apoasă (0,2%) sau violet de genţiană;
- soluţie Lugol;
- alcool – acetonă 9 : 1;
- fucsină Ziehl diluată 1/10 sau soluţie de safranină.

Tehnica de lucru:

Coloraţia Gram cuprinde patru timpi:

- **Colorarea** – constă în acoperirea frotiului uscat şi fixat cu soluţia de violet de metil; se menţine 1-2 minute, apoi se varsă colorantul şi se spală frotiul cu apă de robinet.
- **Mordansarea** - se acoperă frotiul cu soluţie Lugol şi se menţine 4-5 minute, fără a se spăla cu apă.
- **Decolorarea** - este timpul cel mai important al coloraţiei. Se acoperă frotiul cu alcool – acetonă, înclinându-se lama pentru a uşura acţiunea decolorantului. Se decolorează până când colorantul de pe lamă nu mai trece în soluţie, frotiul devenind alburiu. Se spală repede cu apă de robinet pentru a opri acţiunea decolorantului.
- **Recolorarea** - se acoperă frotiul de fucsină diluată 1/10 sau cu soluţie de safranină, se menţine colorantul 1-2 minute, după care frotiul se

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

spală cu apă, se usucă şi se examinează la microscop, utilizând obiectivul cu imersie.

Metoda de colorație Gram, introdusă în bacteriologie de Christian Gram în 1884, completată ulterior, a permis gruparea bacteriilor în: Gram pozitive, Gram negative şi Gram variabile. Bacteriile care rezistă la decolorarea cu alcool-acetonă sunt numite **Gram-pozitive** şi apar colorate în **violet**. Bacteriile care se decolorează sub acțiunea alcool-acetonei şi se recolorează cu fucsină fenicată diluată 1/10 sunt numite **Gram-negative** şi apar colorate în **roşu**. Bacteriile **Gram-variabile** pot fi atât Gram-pozitive cât şi Gram-negative.

IV.2. BACTERII IZOLATE DE PE MATERIALELE ISTORICE ŞI EŞANTIOANELE DE REFERINȚĂ

În vederea identificării microbiotei deterioratoare ce acționează asupra *colecției de materiale istorice fără valoare de patrimoniu*, au fost luate în studiu eşantioane de mici dimensiuni, prelevate din obiecte muzeale sau material arheologic, în limitele stricte ale normelor de conservare. Pentru examinarea microbiologică a suporturilor organice luate în studiu s-a utilizat un mediu de cultură simplu, **geloza.** După repartizarea mediului în plăci Petri şi solidificarea acestuia s-a trecut la însămânțare, care a constat în depunerea pe suprafața mediului, în centrul acestuia a unui eşantion din proba respectivă. După incubarea la 37°, timp de 48, ore s-a urmărit dezvoltarea microbiană din jurul eşantioanelor aplicate pe suprafața mediilor.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Eşantioanele au fost reprezentate de: mătase istorică (MI – 9 probe); bumbac (BI – o probă); in (I – o probă); mediu arheologic (MA – o probă); piele istorică (PI – o probă); piele psaltire (PP – 2 probe); hârtie (HI – 5 probe); fotografii şi picturi (G/CG – 11 probe), piese compozite (MC – 4 probe); suport sugativă (S – 2 probe), icoane (Id – 2 probe) şi pergament (Perg. – 4 probe).

Pentru notarea convenţională a probelor s-au utilizat simbolurile explicitate în tabelul IV.1.

Tabelul IV.1. Colecţia de materiale istorice fără valoare de patrimoniu

Denumirea mostrelor	**Indicativ mostră**	**DESCRIERE. SURSĂ. DATARE**
Mătase (MI)	**MI 1**	- Ţesătură de culoare crem. - Provine de la căptuşeala unei perne, din colecţia Muzeului de Istorie a Moldovei, Iaşi. - Sec. al XIX-lea.
	MI 3	- Ţesătură de culoare crem. - Provine de la dublura unei umbrele din colecţia Muzeului de Istorie a Moldovei, Iaşi. - Sec. al XIX-lea.
	MI 4	- Ţesătură de culoare albă. - Provine de la dublura unei umbrele din colecţia Muzeului de Istorie a Moldovei, Iaşi. - Sec. al XIX-lea.
	MI 5	- Ţesătură de mătase. - Descoperită în cadrul cercetărilor arheologice efectuate la Mănăstirea Căpriana Republica Moldova. - Sec. XVI – XVII.
	MI 6a	- Ţesătură de mătase – voal. - Descoperită în cadrul cercetărilor arheologice efectuate la Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova. - Sec. XVI – XVII.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

	MI 6b	- Țesătură de mătase. - Descoperită în cadrul cercetărilor arheologice efectuate la Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova. - Sec. XVI – XVII.
	MI 7a	- Țesătură de mătase colorată – roşie. - Provine de la replica unui steag din colecția Muzeului de Istorie a Moldovei, Iaşi. - Sec. al XX-lea.
	MI 7b	- Țesătură de mătase colorată – galbenă . - Provine de la replica unui steag din colecția Muzeului de Istorie a Moldovei, Iaşi. - Sec. al XX-lea.
	MI 8	- Țesătură de mătase – catifea . - Descoperită în cadrul cercetărilor arheologice efectuate la Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova. - Sec. XVI – XVII.
Bumbac (BI)	**BI 2**	- Țesătură, din bumbac, de culoare grena. - Provine de la căptuşeala unei uniforme militare, din colecția Muzeului de Istorie a Moldovei, Iaşi. - Sec. al XIX-lea.
In (I)	**I**	Material de consolidare pentru un tablou din sec. al XVI – lea. Consolidare realizată la sfârşitul sec. al XIX – lea.
Mediu arheologic	**MA**	- Mediu arheologic netratat. - Hârlău, 2001, Sf. Gheorghe
Piele (PI)	**PI 1b**	- Fragmente de piele arheologică. - Descoperite în cadrul cercetărilor arheologice efectuate la Mănăstirea Probota. - Sec. XVI – XVII.
Hârtie (HI)	**HI 2**	Paginile 243, 244 din volumul *NOTRE DAME DE PARIS,* de Victor Hugo. - Colecție particulară. - Editat în anul 1919.

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

	HI 3	- Prima pagină din volumul *DOINE,* de Vasile Alecsandri. - Colecție particulară; Editat în anul 1853.
	HP 17	- Hârtie psaltire 17
	HP 49	- Hârtie psaltire 49
	Hi	- Hârtie psaltire – sec. XVIII.
Psaltire (PP)	**PP 17**	- psaltire 17
	PP 49	- psaltire 49
Fotografii picturi (G/CG)	**G1**	- poză de grup: -1 - proba buc. eşantion -1'- amprentă
	G 2	- portret Oxford – amprentă
	G 3	- poza din vie – amprentă colțuri
	G 4	- portret Preot: - 4a - pată albă - 4m - pată maro
	G 5	- portret Ofițer
	G 6	- portret Călugăr
	G 7	- portret Nobil – pete roşii
	G 8	- pictură pe lemn
	CG 1	- carte - eşantion copertă
	CG 2	- carte - amprentă fila 1 – pete maronii
	CG 3	- carte - eşantion cotor
Piese compozite (MC)	**MC 1**	- Manşetă (mătase, bumbac, metal). - Provine de la o piesă vestimentară din colecția Teatrului Național, Iaşi. - Sec. al XIX-lea.
	MC 2	- Cordon (mătase, bumbac, metal). - Provine de la o piesă vestimentară din colecția Teatrului Național, Iaşi. - Sec. al XIX-lea.
	MC 3	- Fragment de țesătură (fire de mătase şi metalice). - Descoperit în cadrul cercetărilor arheologice efectuate la Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova. - Sec. XVI – XVII.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

	MC 4	- Cheițe și nasturi (fire de mătase, fire metalice, metal). - Descoperite în cadrul cercetărilor arheologice efectuate la Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova. - Sec. XVI – XVII.
Suport sugativă (S)	**S 1**	- față
	S 2	- verso
Icoană Dej (Id)	**Id 1**	- strat pictural
	Id 2	- lemn
Pergament manuscris (Perg.)	**Perg. 1**	- pergament
	Perg. 2	- hârtie copertă
	Perg. 3	- pergament verde
	Perg. 4	- țesătură

Pentru studierea încărcăturii bacteriene a *eșantioanelor de referință* au fost selectate cinci suporturi organice diferite, reprezentate de mătase, hârtie, bumbac, piele și lână - notate convențional cu simbolurile:

- MR (MR1, MR1', MR2) – mătase de referință;
- HR – hârtie de referință;
- BR – bumbac de referință;
- PR – piele de referință;
- LR – lână de referință.

IV.2.1. Studiul caracterelor macromorfologice

Descrierea macromorfologică a constat în caracterizarea coloniilor de microorganisme, utilizând următoarele criterii: tipul coloniei, dimensiuni, formă, aspectul marginilor, profilul coloniei, consistența, transparența/opacitatea și culoarea, rezultatele cercetărilor fiind prezentate în tabelele IV.2 – IV.5.

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În urma examinării caracterelor macromorfologice a *microorganismelor izolate din colecția de materiale istorice* s-a evidențiat faptul că tulpinile bacteriene izolate din probele de mătase istorică (Tabelul IV.2 şi Figurile IV.1 – IV.8) prezintă atât colonii rugoase de tip R, de culoare albă şi gri, cu margini neregulate, profil plat, consistență uscată sau mucilaginoasă, majoritatea opace, cât şi colonii netede de tip S, de culoare galbenă şi albă, cu margini întregi, profil emisferic şi umbonat, consistență cartilaginoasă sau mucilaginoasă, opace. În cazul probei reprezentată de mediu arheologic netratat (Figura IV.9) s-a evidențiat faptul că microorganismul izolat formează colonii de tip S, de culoare galbenă (Tabelul IV.2).

Tulpinile bacteriene izolate din probele de pergament (Tabelul IV.3) prezintă colonii de tip R, plate, de culoare albă, bej şi alb-gri, cu margini rizoide cât şi cu margini lobate sau neregulate, transparente şi cu consistență mucilaginoasă (Figurile IV.10 şi IV.11). În cazul probelor din sugativă (Tabelul IV.3) s-au evidențiat tulpini bacteriene care prezintă colonii de tip R, cu margini neregulate sau lobate, plate, cu o consistență mucilaginoasă, opace, de culoare albă şi alb-gri (Figura IV.12).

În ceea ce priveşte macromorfologia tulpinilor bacteriene izolate din probele de icoană - Id_1 şi Id_2 - (Tabelul IV.3) s-a observat că acestea prezintă colonii rugoase de tip R cu profil plat dar şi ridicat, cu margini lobate dar şi neregulate, opace, de culoare albă şi cu o consistență atât uscată cât şi mucilaginoasă (Figura IV.13).

Coloniile bacteriene ale tulpinilor izolate din probele de material compozit (Tabelul IV.4) sunt de tip R şi prezintă margini neregulate sau filamentoase, au profil plat, consistență predominant mucilaginoasă sau

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

uscată, de culoare albă, alb-bej şi alb-gri (Figurile IV.20 şi IV.21). Tulpinile bacteriene izolate din probele de piele (Tabelul IV.4) prezintă doar colonii de tip R ce au atât margini neregulate, consistenţă mucilaginoasă, culoare albă şi alb-gri, cât şi margini lobate, profil ridicat şi striat, consistenţă uscată şi culoare albă. Toate coloniile sunt opace (Figurile IV.14 şi IV.15).

În cazul tulpinilor izolate de pe probele de hârtie (Tabelul IV.4), coloniile prezente sunt atât de tip S (culoare galbenă, consistenţă mucilaginoasă, opace), cât şi de tip R, care sunt predominante (margini neregulate, filamentoase sau lobate, profil plat sau uşor ridicat, consistenţă uscată sau mucilaginoasă, culoare galbenă, albă, bej sau alb-gri, opace sau transparente) – figurile IV.16 şi IV.19.

Cele trei tulpini bacteriene izolate din hârtie (Hi), bumbac (BI2) şi in (I) - (Tabelul IV.4) - prezintă colonii rugoase de tip R, nepigmentate, puţin aderente de substrat (Figurile IV.22 şi IV.24).

Examinând din punct de vedere macromorfologic tulpinile bacteriene izolate din probele de fotografii (G) (Tabelul IV.5) se observă prezenţa coloniilor de tip R cu formă neregulată şi cu margini lobate, dinţate sau neregulate, cu profil plat sau uşor ridicat, atât opace cât şi transparente, mucilaginoase, de culoare albă, roz, bej, galbenă şi gri.

În ceea ce priveşte macromorfologia tulpinilor bacteriene izolate din probele CG (Tabelul IV.5) s-a evidenţiat prezenţa coloniilor de tip R, cu formă rizoidă, margini filamentoase, consistenţă uscată, profil plat, opace, de culoare albă, cât şi a coloniilor de tip R cu formă neregulată, margini lobate, profil ridicat, consistenţă mucilaginoasă, opace, de culoare albă.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

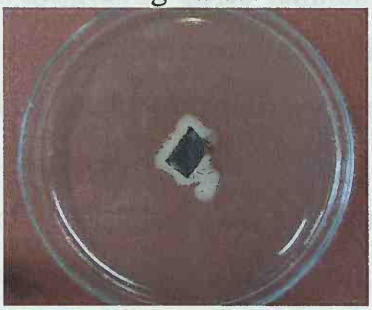
Caracterizarea macromorfologică *a tulpinilor bacteriene izolate de pe materialele de referință* (Tabelul IV.6) a evidențiat prezența coloniilor de tip R cu margini neregulate, lobate şi dințate, consistență mucilaginoasă sau cartilaginoasă, opace, de culoare gri, albă, alb-bej sau alb-gălbui la eşantioanele din mătase (MR1, MR1', MR2 – Figura IV.27) şi hârtie (HR – Figura IV.29). Coloniile S, de culoare galbenă, cu o consistență mucilaginoasă au fost observate în cazul eşantionului din bumbac (BR - Figura IV.28). Nu a fost evidențiată încărcătură bacteriană la eşantioanele de referință din piele (PR - Figura IV.26) şi lână (LR - Figura IV.25).

CONTAMINAREA BACTERIANĂ A MATERIALELOR ISTORICE

MI 1 Figura IV.1

MI 3 Figura IV.2

MI 4 Figura IV.3



MI 5 Figura IV.4

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

MI 6 a Figura IV.5

MI 6 b Figura IV.6

MI 7 Figura IV.7

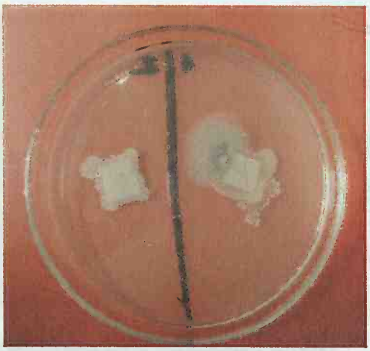
MI 8 Figura IV.8

MA Figura IV.9

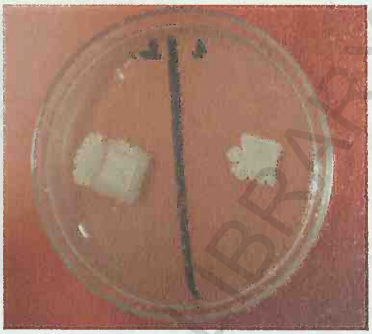
Perg. 1 şi 2 Figura IV.10

Perg. 3 şi 4 Figura IV.11

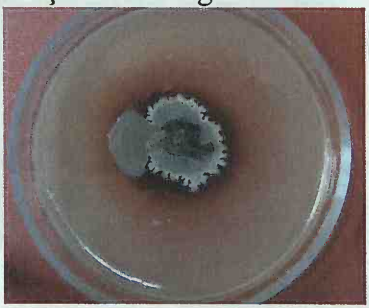
BCU "LUCIAN BLAGA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY



S1 şi S2 Figura IV.12



Id1 şi Id2 Figura IV.13



PP 17 Figura IV.14

PP 49 Figura IV.15

HI 2 Figura IV.16

HI 3 Figura IV.17

HP 17 Figura IV.18

HP 49 Figura IV.19

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

MCt 1, MCt 2 Figura IV.20

MCt 3, MCt 4 Figura IV.21

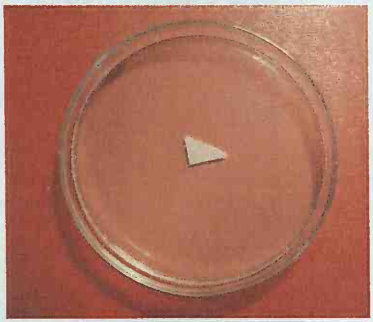
Hi Figura IV.22

BI2 Figura IV.23

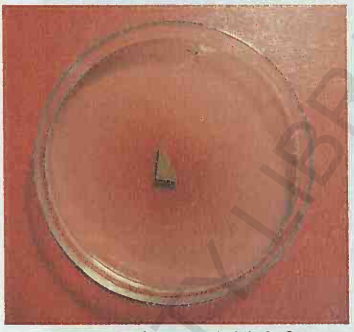
I Figura IV.24

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CONTAMINAREA BACTERIANĂ NATURALĂ A EŞANTIOANELOR DE REFERINŢĂ



LR Figura IV.25



PR Figura IV.26

MR Figura IV.27

BR Figura IV.28

HR Figura IV.29

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

IV.2.2. Studiul caracterelor micromorfologice

În scopul studierii ***caracteristicilor micromorfologice*** ale bacteriilor izolate din materialele istorice şi eşantioanele de referinţă s-au realizat frotiuri din culturile pure obţinute, care s-au colorat după metoda Gram. Frotiurile au fost examinate la microscop cu obiectivul de imersie, observându-se particularităţile aspectului microscopic al microorganismelor.

Rezultatele analizelor micromorfologice la *tulpinile bacteriene izolate din colecţia de materiale istorice* arată că în cazul probelor de mătase istorică (Tabelul IV.7) s-a evidenţiat prezenţa atât a tipului morfologic cocoid, Gram +, gruparea fiind sub formă de pachete cubice (sarcine) – figura IV.39 - sau în diplo - figura IV.44 -, cât şi a tipului morfologic bacilar, Gram + cu deosebiri ale modului de grupare şi a tipurilor de spori pe care îi formează (Figurile IV.40 şi IV.43). Au fost, de asemenea, izolate actinomicete, evidenţiindu-se filamentele miceliene Gram +, în cazul probelor MI3 şi MI6a2 (Figura IV.42).

La tulpinile bacteriene izolate din probele de pergament (Tabelul IV.8) s-a evidenţiat numai prezenţa tipului morfologic bacilar Gram + nesporulat şi sporulat (cu spori nedeformanţi centrali şi subterminali), diferenţele fiind observate în modul de grupare al acestora (Figurile IV.46 şi IV.47).

În cazul probelor din sugativă şi Id (Tabelul IV.8) tulpinile izolate aparţin tipului morfologic bacilar Gram +, cu deosebiri în ceea ce priveşte modul de grupare şi tipul sporilor pe care îi formează (Figurile IV.48, IV.49 şi IV.36).

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

La tulpinile bacteriene izolate din probele de hârtie (Tabelul IV.8.) s-au evidențiat atât coci Gram + grupați în tetrade sau în pachete cubice, cât şi bacili Gram + şi Gram – (Figura IV.36).

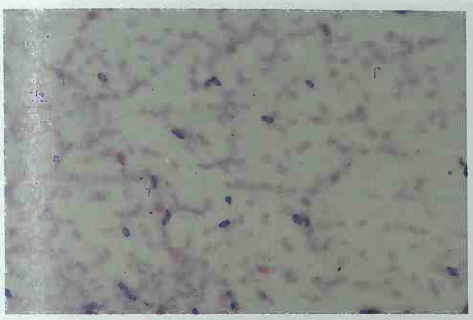
În ceea ce priveşte aspectul morfologic al tulpinilor bacteriene izolate din probele de material compozit (Tabelul IV.8) au fost evidențiați cocobacili Gram + grupați în diplo, nesporulați şi bacili Gram + grupați în diverse moduri, nesporulați sau sporulați nedeformant cu spori poziționați central precum şi spori complet formați (Figura IV.38).

În cazul tulpinilor bacteriene izolate din probele de piele (Tabelul IV.8) s-a observat atât tipul morfologic cocoid Gram + grupați în stafilo, cât şi cel bacilar Gram + nesporulat, cu spori complet formați.

Rezultatele analizelor micromorfologice efectuate asupra tulpinilor bacteriene izolate din probele de hârtie, bumbac şi in (Tabelul IV.8) au evidențiat numai prezența tipului morfologic bacilar Gram + cu deosebiri ale modului de grupare şi a tipului de spori formați.

Examinând din punct de vedere micromorfologic tulpinile izolate din probele de fotografii şi picturi (Tabelul IV.9) se observă atât prezența bacililor Gram + grupați în mod diferit şi cu diferite tipuri de spori sau nesporulați (Figurile IV.30, IV.31, IV.32 şi IV.34), cât şi prezența cocilor Gram + grupați în pachete cubice (Figura IV.33) şi în tetrade.

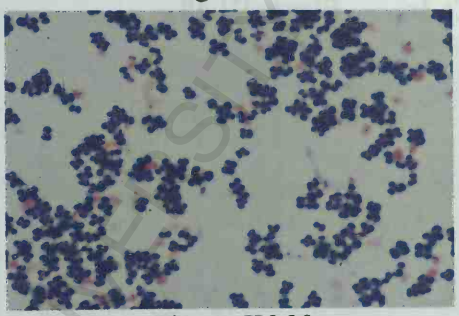
Studiul caracterelor micromorfologice a *tulpinilor bacteriene izolate din eşantioanele de referință* (Tabelul IV.10) a arătat prezența cocilor Gram + grupați în grămezi (BR) - şi a bacililor Gram + grupați în diplo (MR1), lanțuri (MR1') şi palisade (HR), cât şi izolați (MR2), nesporulați sau cu spori deformanți, diferit poziționați în interiorul bacililor.



G 1´ Figura IV.30

G 3 Figura IV.31

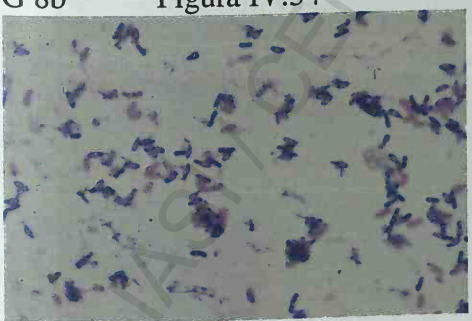
G 4m Figura IV.32



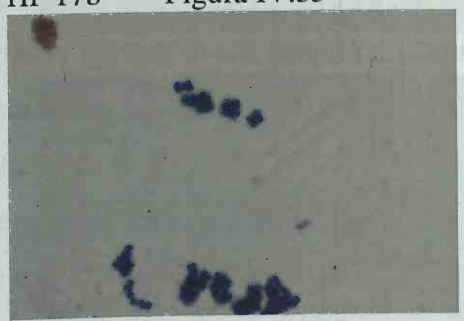
G 5 Figura IV.33

G 8b Figura IV.34

HP 17b Figura IV.35



Id 2b Figura IV.36

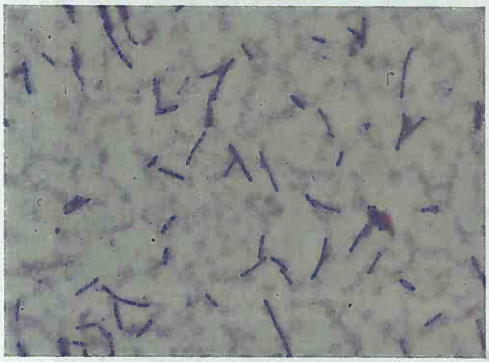


MA Figura IV.37

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

MCt 3a Figura IV.38

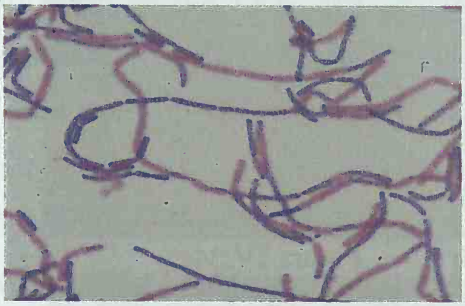
MI 4b Figura IV.39



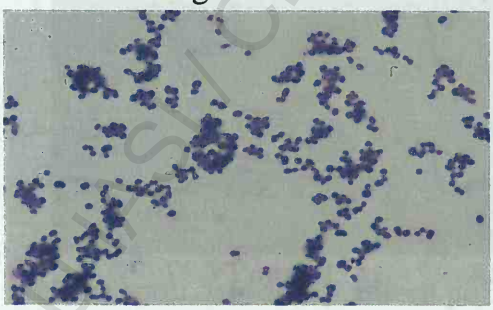
MI 5 Figura IV.40

MI 6a1 Figura IV.41

MI 6a2 Figura IV.42



MI 6b Figura IV.43

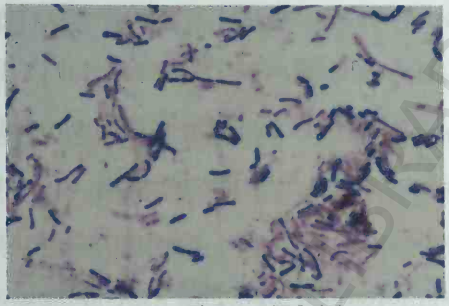


MI 8 Figura IV.44

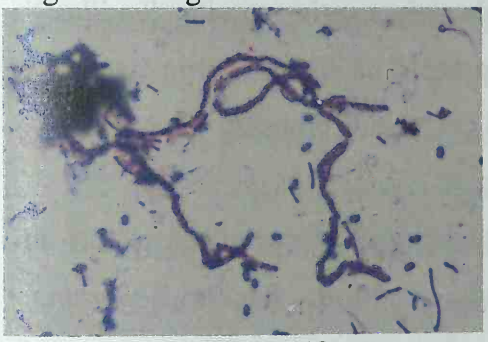
MR 1 Figura IV.45

BOSPHORUS CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

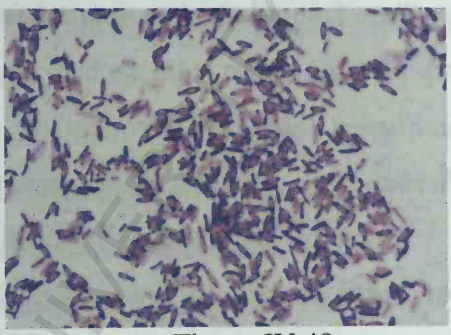
Perg. 1 Figura IV.46



Perg. 4 Figura IV.47



S 1b Figura IV.48



S 2 Figura IV.49

IV.2.3. Identificarea principalelor genuri de bacterii

În urma studiilor macro- şi micromorfologice tulpinile izolate din colecţia de materiale istorice şi eşantioane de referinţă au fost încadrate în regn, diviziune, clasă, secţiune, familie şi gen (Tabelul IV.11), conform *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology,* ediţia a IX- 1984- 1986.

Se poate remarca o mare diversitate taxonomică a *tulpinilor izolate din colecţia de materiale istorice*. Cele mai reprezentative genuri, întâlnite frecvent la suporturile luate în studiu sunt *Bacillus* şi *Clostridium*, rezultatele noastre confirmând datele din literatura de specialitate cu privire la prezenţa acestor bacterii pe suporturile organice. În procente mai mici se observă şi prezenţa genurilor *Streptomyces* (MI3, MI6a2),

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Staphylococcus (PP17), *Micrococcus* (HI2a, G7), *Pseudomonas* (HP17b) şi *Arthrobacter* (MCt1) – tabelul IV.11.

În urma clasificării în funcţie de apartenenţa sistematică a probelor izolate de pe diferite tipuri de suporturi se observă că tulpinile izolate din probele de mătase aparţin genurilor *Bacillus*, *Clostridium*, *Sarcina* şi *Streptomyces*, pe când cele izolate din pergament aparţin doar genului *Bacillus*. Tulpinile izolate din probele de piele aparţin genurilor *Bacillus* şi *Staphylococcus*, iar cele izolate din probele de hârtie aparţin genurilor *Bacillus*, *Clostridium* (evidenţiate şi în cazul probelor de sugativă), *Micrococcus*, *Sarcina* şi *Pseudomonas*.

S-a remarcat faptul că în cazul probelor din fotografii şi picturi au fost identificate tulpini aparţinând genurilor *Bacillus*, *Sarcina*, *Micrococcus* şi *Clostridium*. În cazul probelor de icoană (Id) s-a constatat că tulpina izolată din proba Id1 (strat pictural) aparţine genului *Bacillus*, iar tulpinile izolate din proba Id2 (lemn) aparţin atât genului *Bacillus* cât şi genului *Clostridium*. Probele Id1 şi Id2 au fost prelevate din cadrul aceleiaşi picturi.

Tulpinile izolate din probele de material compozit au fost încadrate din punct de vedere taxonomic în genurile *Bacillus* şi *Arthrobacter*.

În ceea ce priveşte *tulpinile izolate de pe eşantioanele de referinţă* s-a constatat că acestea aparţin genurilor *Bacillus*, *Clostridium* şi *Staphylococcus* (Tabelul IV.12).

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

IV.3. CONTAMINAREA BACTERIANĂ ÎN CONDIȚII DE LABORATOR

Contaminarea artificială a celor cinci eşantioane de referință, reprezentate de suporturi organice diferite (mătase, hârtie, bumbac, piele şi lână), notate convențional cu MR, HR, BR, PR şi LR s-a realizat cu microorganisme specifice izolate de pe acelaşi tip de suport – din colecția de materiale istorice fără valoare de patrimoniu. Au fost astfel, selectate tulpinile:

- MI1 – pentru însămânțarea eşantionului MR (Figura IV.52);
- HP17a – pentru însămânțarea eşantionului HR (Figura IV.54);
- BI2 – pentru însămânțarea eşantionului BR (Figura IV.50);
- PP17 – pentru însămânțarea eşantionului PR (Figura IV.51);
- I – pentru însămânțarea eşantionului LR (Figura IV.53).

Din microorganismele selecționate din colecția de materiale istorice fără valoare de patrimoniu s-au obținut culturi pure (18-24 ore) în bulion nutritiv. S-au efectuat diluții seriate zecimale (1/10) în care s-au imersat eşantioanele supuse analizei. Ulterior, acestea au fost menținute în cutii Petri sterile, 24 ore, la temperatura de 25°C, în vederea uscării, după care s-au aplicat pe suprafața unui mediu gelozat. Aprecierea gradului de contaminare artificială s-a făcut după o incubare la 37°C, timp de 24 ore, urmărindu-se totodată gradul de dezvoltare a microorganismului însămânțat în/pe eşantionul testat.

Rezultatele analizelor privind gradul de infestare bacteriană a materialelor istorice reliefează existența unor diferențe între tipurile de suporturi luate în studiu, dar şi în cadrul aceluiaşi tip de suport (Tabelul IV.13). Remarcăm astfel, o încărcătură bacteriană foarte mare (17,31%

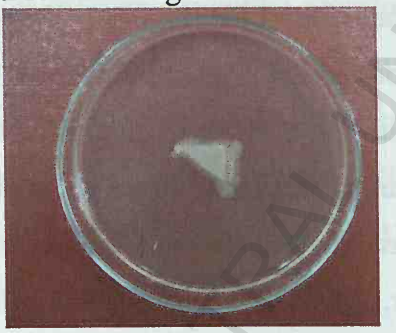
BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

din tulpinile izolate), evidentă în cazul pieselor compozite (MCt2 şi MCt3), a pergamentului (Perg1 şi Perg2), a mătasei istorice (MI1) şi a probelor de carte (CG1 şi CG3).

Contaminare bacteriană artificială a eşantioanelor de referinţă

BR Figura IV.50

PR Figura IV.51



MR Figura IV.52

LR Figura IV.53

HR Figura IV.54

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Majoritatea suporturilor studiate prezintă o încărcătură bacteriană medie (G1'a, G2, G3, G4a, G4m, G6, CG2, MI5, Perg3, Perg4, S1a, S1b, S2, Id1, Id2a, Id2b, HP17a, HP17b, HP49, MCt1, MCt4, H, BI2, I, PI1bI, PI1bII) – 50 % din totalul tulpinilor izolate, în timp ce 32,69 % dintre tulpini (G1'b, G5, G7, G8a, G8b, MI3, MI4, MI6a1, MI6a2, MI6b, MI7a, MI7b, MI8, MA, HI2a, HI2b, HI3, MI4a, MI4b) prezintă a dezvoltare slabă – figura IV.55.

Tabelul IV.13. Aprecierea gradului de dezvoltare a tulpinilor bacteriene izolate de pe materialele istorice

Proba	Tulpina	Gradul de dezvoltare
G 1'	G 1'a	++-
	G 1'b	+--
G 2	G 2	++-
G 3	G 3	++-
G 4a	G 4a	++-
G 4m	G 4m	++-
G 5	G 5	+--
G 6	G 6	++-
G 7	G 7	+--
G 8	G 8a	+--
	G 8b	+--
CG 1	CG1	+++
CG 2	CG 2	++-
CG 3	CG 3	+++
MI 1	MI 1	+++
MI 3	MI 3	+--
MI 4	MI 4	+--
MI 5	MI 5	++-
MI 6	MI 6a1	+--
	MI 6a2	+--
	MI 6b	+--
MI 7	MI 7a	+--

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

	MI 7b	+--
MI 8	MI 8	+--
MA	MA	+--
Perg. 1	Perg. 1	+++
Perg. 2	Perg. 2	+++
Perg. 3	Perg. 3	++-
Perg. 4	Perg. 4	++-
S 1	S 1a	++-
	S 1b	++-
S 2	S 2	++-
Id 1	Id 1	++-
Id 2	Id 2a	++-
	Id 2b	++-
PP17	PP17	+++
PI1b	PI1bI	++-
	PI1bII	++-
HI2	HI2a	+--
	HI2b	+--
HI3	HI3	+--
HP17	HP17a	++-
	HP17b	++-
HP49	HP49	++-
Hi	H	++-
MCt1	MCt1	++-
MCt2	MCt2	+++
MCt3	MCt3a	+++
	MCt3b	+++
MCt4	MCt4	++-
BI2	B	++-
I	I	++-

Legendă: +++: dezvoltare foarte bună;

++-: dezvoltare bună;

+--: dezvoltare slabă;

---: absența dezvoltării.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

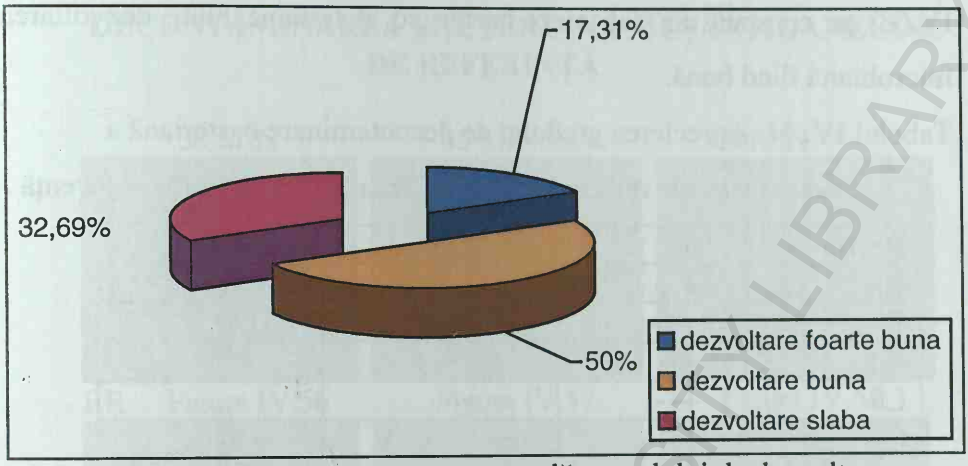


Figura IV.55. Reprezentarea procentuală a gradului de dezvoltare a bacteriilor izolate din colecția de materiale istorice

IV.4. DECONTAMINAREA BACTERIANĂ

IV.4.1. Evaluarea microbiologică a tratamentului de decontaminare efectuat pe eşantioanele de referință

Din fiecare probă studiată au fost însămânțate trei plăci Petri, reprezentând mediul cu eşantionul tratat în plasmă, 30, 45 respectiv 60 minute. După incubarea la 37° C, timp de 48 ore s-a urmărit dezvoltarea bacteriană din jurul eşantioanelor aplicate pe suprafața mediilor (Tabelul IV.14).

Rezultatele obținute în urma tratamentului de decontaminare în plasmă rece de înaltă frecvență a eşantioanelor de referință timp de 30 de minute evidențiază o dezvoltare foarte bună a microorganismelor în cazul probei de piele PR (Figura IV.59), în timp ce la celelalte probe: BR (Figura IV.56), MR (Figura IV.62), LR (Figura IV.65) şi HR (Figura

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

IV.68) se constată un slab efect bactericid al tratamentului, dezvoltarea microbiană fiind bună.

Tabelul IV. 14. Aprecierea gradului de decontaminare bacteriană a eşantioanelor de referinţă utilizând plasma rece de înaltă frecvenţă

Proba	**30'**	**45'**	**60'**
BR	++-	+--	-
PR	+++	+++	++-
MR	++-	++-	-
LR	++-	+--	-
HR	++-	+--	+--

Legenda: +++: dezvoltare foarte bună;

++-: dezvoltare bună;

+--: dezvoltare slabă;

---: absenţa dezvoltării

S-a observat că în cazul tratării eşantioanelor timp de 45 minute, proba din piele - PR încă prezintă o dezvoltare foarte bună a microorganismelor (figura IV.60), în timp ce proba de mătase MR (Figura IV.63), prezintă o dezvoltare bună a acestora. În cazul eşantioanelor din bumbac – BR (Figura IV.57) lână – LR – (Figura IV.66) şi hârtie – HR – (Figura IV.69) a fost evidenţiată o inhibare semnificativă a dezvoltării bacteriilor.

Efectul bactericid al plasmei reci s-a constatat în cazul tratamentului timp de 60 de minute la probele BR (Figura IV.58), MR (Figura IV.64) şi LR (Figura IV.67). În ceea ce priveşte proba PR (Figura IV.61) se poate observa o dezvoltare bună a microorganismelor, iar în cazul probei HR (Figura IV.70) o slabă dezvoltare microbiană la acest interval de expunere.

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

DECONTAMINAREA BACTERIANĂ A EŞANTIOANELOR DE REFERINȚĂ

	30 MIN	45 MIN	60 MIN
BR	Figura IV.56	Figura IV.57	Figura IV.58
PR	Figura IV.59	Figura IV.60	Figura IV.61
MR	Figura IV.62	Figura IV.63	Figura IV.64
LR	Figura IV.65	Figura IV.66	Figura IV.67

BCU IAȘI - BIBLIOTECA CENTRALĂ UNIVERSITARĂ LIBRARY

HR Figura IV.68 Figura IV.69 Figura IV.70

IV.4.2. Evaluarea microbiologică a tratamentului de decontaminare efectuat pe colecția de materiale istorice

În urma cercetărilor efectuate privind decontaminarea eşantioanelor de referință în plasma de HF s-a remarcat eficiența tratamentului după o expunere de 60 minute, la majoritatea probelor, efectul bactericid fiind evident. În vederea aplicării tratamentului de decontaminare bacteriană a colecției de materiale istorice s-au stabilit următoarele intervale de tratament: 15, 30 şi 60 minute (Tabelul IV.15).

În urma tratamentului cu plasmă rece timp de 15 minute al materialelor istorice se constată o dezvoltare slabă a microorganismelor în cazul probelor HP49 (Figura IV.73), HP17 (Figura IV.79), MI1 (Figura IV.82) şi MCt4 (Figura IV.84), iar în cazul probelor MCt3 (Figura IV.75), şi MI5 (Figura IV.77) s-a evidențiat o dezvoltare bună a coloniilor bacteriene.

În cazul tratamentului timp de 30 de minute al acestor materiale are loc inhibarea totală a creşterii şi dezvoltării bacteriene la probele HP49 (Figura IV.74), MI5 (Figura IV.78), MI1 (Figura IV.83) şi MCt4 (Figura IV.85), în timp ce la eşantioanele MCt3 (Figura IV.75) şi HP17 (Figura IV.80) se observă o dezvoltare bacteriană slabă.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul IV.15. Aprecierea gradului de decontaminare bacteriană a materialelor istorice utilizând plasma rece de înaltă frecvență

PROBA	15'	30'	60'
MCt_1	-	-	-
HP_{49}	+--	-	-
MCt_3	++-	+--	-
MI_5	++-	-	-
HP_{17}	+--	+--	+--
S	++-	+--	-
I_1	+--	-	-
MCt_4	+--	-	-

Legenda: +++: dezvoltare foarte bună;

++-: dezvoltare bună;

+-- : dezvoltare slabă;

---: absența dezvoltării

Tratamentul cu plasmă rece timp de 60 de minute (Tabelul IV.15) are efect bactericid la majoritatea materialelor luate în studiu (HP49, MCt3, MI5, MI1 şi MCt3), cu excepția probei HP17 la care a mai fost evidențiată o slabă încărcătură bacteriană.

În cazul probei MCt1 s-a constatat efectul bactericid al plasmei reci atât în cazul tratamentului de 15 minute, cât şi al celui de 30 minute, respectiv de 60 minute.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

DECONTAMINAREA BACTERIANĂ A MATERIALELOR ISTORICE

15 MIN

MCT1 Figura IV.71

30 MIN

Figura IV.72

HP 49 Figura IV.73

Figura IV.74

MCT 3 Figura IV.75

Figura IV.76

MI 5 Figura IV.77

Figura IV.78

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

HP17 Figura IV.79

Figura IV.80

S Figura IV.81

MI 1 Figura IV.82

Figura IV.83

MCt 4 Figura IV.84

Figura IV.85

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul IV.2. Descrierea macromorfologică a tulpinilor bacteriene izolate din probele de mătase istorică (MI) și mediu arheologic (MA)

Proba	Tulpina izolată	Tipul coloniei	Forma	Aspectul marginilor	Profilul coloniei	Consistența	Transparență/ Opacitate	Culoarea
MI 1	MI 1	R	neregulată	lobate	plat	uscată	opacă	albă
MI 3	MI 3	S	rotundă	întregi	emisferic	cartilaginoasă	opacă	albă
MI 4	MI 4	S	neregulată	întregi	umbonat	mucilaginoasă	opacă	galbenă
MI 5	MI 5	R	neregulată	dințate	plat	mucilaginoasă	opacă	albă
MI 6	MI 6a1	R	neregulată	lobate	plat	mucilaginoasă	transparentă	gri
	MI 6a2	S	rotundă	întregi	umbonat	cartilaginoasă	opacă	albă
	MI 6b	R	neregulată	neregulate	plat	uscată	opacă	albă-gri
MI 7	MI 7aG	S	rotundă	întregi	emisferic	mucilaginoasă	opacă	galbenă
	MI 7bR	S	rotundă	întregi	emisferic	mucilaginoasă	opacă	galbenă
MI 8	MI 8	R	neregulată	neregulate	plat	mucilaginoasă	opacă	gri
MA	MA	S	rotundă	întregi	umbonat	cartilaginoasă	opacă	galbenă

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul IV.3. Descrierea macromorfologică a tulpinilor bacteriene izolate din probele de pergament (Perg.), sugativă (S) şi icoană (Id)

Proba	Tulpina izolată	Tipul coloniei	Forma	Aspectul marginilor	Profilul coloniei	Consistența	Transparență/ Opacitate	Culoarea
Perg. 1	Perg. 1	R	neregulată	rizoide	plat	uscată	opacă	albă
Perg. 2	Perg. 2	R	neregulată	rizoide	plat	uscată	opacă	albă
Perg. 3	Perg. 3	R	neregulată	neregulate	plat	mucilaginoasă	transparentă	alb-gri
Perg. 4	Perg. 4	R	neregulată	lobate	plat	mucilaginoasă	transparentă	bej
S 1	S 1a	R	neregulată	neregulate	plat	mucilaginoasă cu margini uscate	opacă	alb-gri
	S 1b	R	neregulată	lobate	plat	mucilaginoasă	opacă	albă
S 2	S 2	R	neregulată	lobate	plat	mucilaginoasă	opacă	albă
Id 1	Id 1	R	neregulată	lobate	ridicat	uscată	opacă	albă
Id 2	Id 2a	R	neregulată	neregulate	plat	mucilaginoasă	opacă	albă
	Id 2b	R	neregulată	lobate	plat	uscată	opacă	albă

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul IV.4. Descrierea macromorfologică a tulpinilor bacteriene izolate din probele de piele (PP, PI), hârtie (H,HI,HP), materiale compozite (MCt), bumbac (BI) şi in (I)

Proba	Tulpina izolată	Tipul coloniei	Forma	Aspectul marginilor	Profilul coloniei	Consistența	Transparență/ Opacitate	Culoarea
PP17	PP17	R	neregulată	neregulate	ridicat	mucilaginoasă	opacă	albă
PI1b	PI1bI	R	neregulată	lobate	ridicat	uscată	opacă	albă
	PI1bII	R	neregulată	neregulate	plat	mucilaginoasă	opacă	alb-gri
HI2	HI2a	S	rotundă	întregi	convex	mucilaginoasă	opacă	galbenă
	HI2b	R	neregulată	neregulate	plat	mucilaginoasă	transparentă	albă
HI3	HI3	R	neregulată	neregulate	ridicat	uscată	opacă	galbenă
HP17	HP17a	R	neregulată	filamentoase	plat	uscată	opacă	albă
	HP17b	R	neregulată	neregulate	plat	uscată	opacă	bej
HP49	HP49	R	neregulată	lobate	plat	mucilaginoasă	opacă	alb-gri
Hi	Hi	R	neregulată	franjurate	ridicat	mucilaginoasă	opacă	albă
MCt1	MCt1	R	neregulată	neregulate	plat	mucilaginoasă	transparentă	alb-gălbui
MCt2	MCt2	R	neregulată	neregulate	plat	mucilaginoasă	opacă	alb-gri
MCt3	MCt3a	R	neregulată	neregulate	plat	mucilaginoasă	opacă	albă
	MCt3b	R	neregulată	filamentoase	plat	uscată	opacă	albă
MCt4	MCt4	R	neregulată	lobate	plat	mucilaginoasă	opacă	alb-bej
BI2	B	R	neregulată	lobate	ridicat	mucilaginoasă	opacă	albă
I	I	R	neregulată	ondulate	plat	mucilaginoasă	opacă	albă

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul IV.5. Descrierea macromorfologică a tulpinilor bacteriene izolate din probele de carte (CG) şi fotografii (G)

Proba	Tulpina izolată	Tipul coloniei	Forma	Aspectul marginilor	Profilul Coloniei	Consistența	Transparență/ Opacitate	Culoarea
G 1'	G 1'a	R	neregulată	lobate	plat	mucilaginoasă	opacă	bej
	G 1'b	R	neregulată	neregulate	plat	mucilaginoasă	opacă	roz
G 2	G 2	R	neregulată	lobate	ridicat	mucilaginoasă	opacă	albă
G 3	G 3	R	neregulată	lobate	plat	mucilaginoasă	opacă	gri
G 4a	G 4a	R	neregulată	lobate	ridicat	mucilaginoasă	opacă	albă
G 4m	G 4m	R	neregulată	lobate	plat	mucilaginoasă	opacă	gri
G 5	G 5	R	neregulată	neregulate	ridicat	mucilaginoasă	opacă	galbenă
G 6	G 6	R	neregulată	dințate	plat	mucilaginoasă	opacă	albă
G 7	G 7	R	neregulată	lobate	plat	mucilaginoasă	transparentă	galbenă
G 8	G 8a	R	neregulată	neregulate	ridicat	mucilaginoasă	transparentă	gri
	G 8b	R	neregulată	lobate	ridicat	mucilaginoasă	opacă	albă
CG 1	CG1	R	rizoidă	filamentoase	plat	uscată	opacă	albă
CG 2	CG 2	R	neregulată	lobate	ridicat	mucilaginoasă	opacă	albă
CG 3	CG 3	R	rizoidă	filamentoase	plat	uscată	opacă	albă

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

B.C.U. „M. EMINESCU" IAŞI

Tabelul IV.6. Descrierea macromorfologică a tulpinilor bacteriene izolate din materialele de referință (mătase, hârtie, bumbac, piele şi lână)

Proba	Tulpina izolată	Tipul coloniei	Forma	Aspectul marginilor	Profilul coloniei	Consistența	Transparență/ Opacitate	Culoarea
MR 1	MR 1	R	neregulată	neregulate	plat	mucilaginoasă	opacă	gri
MR 1'	MR 1'	R	neregulată	lobate	plat	mucilaginoasă	opacă	alb-gălbui
MR 2	MR 2	R	neregulată	lobate	plat	cartilaginoasă	opacă	albă
HR	HR	R	neregulată	dințate	plat	mucilaginoasă	opacă	alb-bej
BR	BR 1	S	regulată	întregi	emisferic	mucilaginoasă	opacă	galbenă
PR	-	-	-	-	-	-	-	-
LR	-	-	-	-	-	-	-	-

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul IV.7. Examinarea micromorfologică a tulpinilor bacteriene izolate din probele de mătase istorică (MI) şi mediu arheologic (MA)

Probă analizată	Tulpină izolată	Tip morfologic	Afinitatea tinctorială	Mod de grupare	Capacitatea de sporulare	Caracteristici grup taxonomic
MI 1	MI 1	bacil	Gram +	izolat	spori centrali nedeformanți	bacterie
MI 3	MI 3	filamente miceliene	Gram +	-	-	actinomicet
MI 4	MI 4	coc	Gram +	pachete cubice (sarcine)	nesporulat	bacterie
MI 5	MI 5	bacil	Gram +	litere alfabet	spori centrali şi subterminali nedeformanți	bacterie
MI 6	MI 6a1	bacil	Gram +	izolat şi în diplo	spori terminali deformanți	bacterie
	MI 6a2	filamente miceliene	Gram +	-	-	actinomicet
	MI 6b	bacil	Gram +	lanțuri lungi	nesporulat	bacterie
MI 7	MI 7a	coc	Gram +	pachete cubice (sarcine)	nesporulat	bacterie
	MI 7b	coc	Gram +	pachete cubice (sarcine)	nesporulat	bacterie
MI 8	MI 8	coc	Gram +	diplo	nesporulat	bacterie
MA	MA	coc	Gram +	pachete cubice (sarcine)	nesporulat	bacterie

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul IV.8. Examinarea micromorfologică a tulpinilor bacteriene izolate din probele de pergament, sugativă, materiale compozite, piele, hârtie, bumbac şi in

Proba analizată	Tulpina izolată	Tipul morfologic	Afinitarea tinctorială	Mod de grupare	Capacitatea de sporulare
Perg. 1	Perg. 1	bacil	Gram +	izolat	spori centrali nedeformanți şi complet formați
Perg. 2	Perg. 2	bacil	Gram +	izolat şi în grămezi	spori subterminali nedeformanți
Perg. 3	Perg. 3	bacil	Gram +	palisadă	nesporulat
Perg. 4	Perg. 4	bacil	Gram +	izolat şi în lanțuri	nesporulat
S 1	S 1a	bacil	Gram +	lanțuri	nesporulat
	S 1b	bacil	Gram +	lanțuri încolăcite	spori complet formați
S 2	S 2	bacil	Gram +	grămezi	spori subterminali deformanți
Id 1	Id 1	bacil	Gram +	lanțuri scurte	spori centrali nedeformanți şi complet formați
Id 2	Id 2a	bacil	Gram +	izolat	spori subterminali nedeformanți
	Id 2b	bacil	Gram +	izolat	spori subterminali deformanți
PP17	PP 17	coc	Gram +	grămezi neregulate	nesporulat
PI 1b	PI 1bI	bacil	Gram +	izolat şi în diplo	spori complet formați
	PI 1bII	bacil	Gram +	lanțuri	nesporulat
HI 2	HI 2a	coc	Gram +	tetradă	nesporulat
	HI 2b	bacil	Gram +	izolat	spori terminali nedeformanți
HI 3	HI 3	coc	Gram +	sarcine	nesporulat
HP17	HP17a	bacil	Gram +	lanțuri lungi	spori subterminali nedeformanți şi complet formați
	HP17b	bacil	Gram -	izolat	nesporulat
HP49	HP 49	bacil	Gram +	lanțuri scurte	spori centrali nedeformanți şi complet formați
Hi	Hi	bacil	Gram +	izolat	spori centrali nedeformanți şi complet formați
MCt 1	Mct 1	cocobacil	Gram +	în diplo	nesporulat

BCU IAŞI - BIBLIOTECA CENTRALĂ UNIVERSITARĂ

MCt 2	Mct 2	bacil	Gram +	lanțuri încolăcite	sporulat complet
MCt 3	MCt 3a	bacil	Gram +	lanțuri lungi	spori centrali nedeformanți
	MCt 3b	bacil	Gram +	în diplo	nesporulat
MCt 4	MCt 4	bacil	Gram +	lanțuri	spori centrali nedeformanți și complet formați
I	I	bacil	Gram +	lanțuri	spori centrali nedeformanți
BI2	B	bacil	Gram +	lanțuri	spori subterminali nedeformanți

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul IV.9. Examinarea micromorfologică a tulpinilor bacteriene izolate din probele de fotografii şi carte

Probă analizată	Tulpină izolată	Tipul morfologic	Afinitatea tinctorială	Mod de grupare	Capacitatea de sporulare
G 1'	G 1'a	bacil	Gram +	palisadă	spori nedeformanţi centrali
	G 1'b	bacil	Gram +	izolat	spori nedeformanţi centrali şi spori complet formaţi
G 2	G 2	bacil	Gram +	grămezi	spori nedeformanţi centrali şi spori complet formaţi
G 3	G 3	bacil	Gram +	palisadă şi litere de alfabet	nesporulat
G 4a	G 4a	bacil	Gram +	izolat	spori complet formaţi
G 4m	G 4m	bacil	Gram +	izolat	spori complet formaţi (masă spori)
G 5	G 5	coc	Gram +	pachete cubice (sarcine)	nesporulat
G 6	G 6	bacil	Gram +	izolat	spori complet formaţi
G 7	G 7	coc	Gram +	tetradă	nesporulat
G 8	G8 a	bacil	Gram +	grămezi	nesporulat
	G8 b	bacil	Gram +	lanturi încolăcite	nesporulat
CG 1	CG 1	bacil	Gram +	în diplo	spori nedeformanţi centrali şi spori complet formaţi
CG 2	CG 2	bacil	Gram +	izolat	spori nedeformanţi centrali şi spori complet formaţi
CG 3	CG 3	bacil	Gram +	izolat şi in diplo	spori complet formaţi

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul IV.10. Examinarea micromorfologică a tulpinilor izolate din materiale de referință (mătase, hârtie, bumbac, piele şi lână)

Proba analizată	Tulpina izolată	Tipul morfologic	Afinitatea tinctorială	Mod de grupare	Capacitatea de sporulare
MR 1	MR 1	bacil	Gram +	în diplo	spori centrali nedeformanți
MR 1'	MR 1'	bacil	Gram +	lanțuri	spori centrali şi subterminali deformanți
MR 2	MR 2	bacil	Gram +	izolat	spori subterminali nedeformanți
HR	HR	bacil	Gram +	palisadă	spori subterminali şi terminali deformanți
BR	BR	coci	Gram +	grămezi	nesporulat
PR	-	-	-	-	-
LR	-	-	-	-	-

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul IV.11. Încadrarea taxonomică a tulpinilor izolate de pe materialele istorice

Tulpina	Regnul	Diviziunea	Clasa	Secțiunea	Familia	Genul
HP17a	*Prokaryotae*	*Firmicutes*		13 – Bacili şi coci Gram pozitivi sporulați	-	I.*Bacillus*
HP49						
MCt2						
MCt3a						
MCt3b						
MCt4						
HI2b						
PI1b-I						
PI1b-II						
Id1						
Id2a						
S1a						
S1b						
Perg1						
Perg2						
Perg3						
Perg4						
MI1						
MI5						
Mi6b						
G1'a						
G1'b						
G2	*Prokaryotae*	*Firmicutes*		13 – Bacili şi coci Gram	-	I. *Bacillus*

G3				pozitivi sporulați		
G4a						
G4m						
G6						
G8a						
G8b						
CG1						
CG2						
CG3						
I						
BI2						
Hi						
S2						
Id2b				13– Bacili și coci Gram pozitivi sporulați	-	III. *Clostridium*
MI6a1						
HI3						
G5						
MI4a						
MI7a				12 – Coci Gram pozitivi	II. Deinococcaceae	*Sarcina*
MI7b						
MA						
HI2a				12 - Coci Gram pozitivi	I. Micrococcaceae	I. *Micrococcus*

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

G7						
PP17	*Prokaryotae*	*Firmicutes*		12 - Coci Gram pozitivi	I. Micrococcaceae	IV. *Staphylococcus*
MCt1				15 – Bacili Gram pozitivi asimetrici nesporulaţi	-	*Arthrobacter*
HP17b		*Gracilicutes*		4- Bacili şi coci Gram-negativi aerobi	I. Pseudomonadaceae	I. *Pseudomonas*
MI3		*Firmicutes*		29 – *Streptomyces* şi genuri înrudite	-	*Streptomyces*
MI6a2						

Tabelul IV.12. Încadrarea taxonomică a tulpinilor izolate de pe eşantioanele de referinţă

Tulpina	Regnul	Diviziunea	Clasa	Secţiunea	Familia	Genul
MR1	*Prokaryotae*	*Firmicutes*		13 – Bacili şi coci Gram pozitivi sporulaţi	-	I. *Bacillus*
MR2						
HR				13 – Bacili şi coci Gram pozitivi sporulaţi	-	I. *Clostridium*
MR1'						
BR				12 – Coci Gram pozitivi	I. Micrococcaceae	IV. *Staphylococcus*

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CONCLUZII

1. Din probele analizate (hârtie, bumbac, in, lână, lemn, piele, mătase, materiale compozite) au fost izolate în culturi pure 52 tulpini de microorganisme, aparținând bacteriilor și actinomicetelor.

2. Studiul caracteristicilor macro- și micromorfologice au permis încadrarea tulpinilor bacteriene izolate în genurile *Bacillus, Clostridium, Sarcina, Staphylococcus, Micrococcus, Pseudomonas, Arthrobacter* și *Streptomyces.*

3. Tratamentul în plasmă rece de înaltă frecvență timp de 45 minute, în cazul eșantioanelor de referință (bumbac, piele, mătase, lână și material papetar) induce o inhibare a dezvoltării bacteriilor, cu excepția probei din piele, la care efectul decontaminant se observă după 60 minute de tratament.

4. Materialele istorice fără valoare de patrimoniu sunt slab decontaminate după 15 minute de tratament în plasmă de HF, efectul devenind evident după 30 minute (la materialele compozite, material papetar, mătase istorică), în timp ce, după 60 minute de tratament dezvoltarea bacteriană nu a mai fost evidențiată (excepție făcând proba HP17, cu o dezvoltare nesemnificativă).

5. Efectul bactericid al plasmei reci de înaltă frecvență a fost evidențiat la majoritatea eșantioanelor de referință și a materialelor istorice luate în studiu în urma unui tratament de 60 minute.

BCU IAȘI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

Ailiesei O., Nimițan E., Dunca S., Microbial biodegradation of some textile and cellulose materials, Analele Ştiinţifice ale Universităţii "Alexandru Ioan Cuza" Iaşi (serie nouă), Secţiunea II, a. Genetică şi Biologie Moleculară, ISSN: 1223-6578, Tomul II, 2001.

Allsop D., Seal K.J., Gaylarde C., Introduction to Biodeterioration (Second Edition), Cambridge University Press, UK: 1-15, 2004.

Cappitelli F., Principi P., Sorlini C., Biodeterioration of modern materials in contemporary collections: can biotechnology help?, Trends Biotechnol., Aug., 24(8):350-4, 2006.

Cappitelli F., Sorlini C., From papyrus to compact disc: the microbial deterioration of documentary heritage, Crit. Rev. Microbiol., 31(1):1-10, 2005.

Dunca S., Ailiesei O., Nimițan E., Ştefan M., Microbiologie aplicată Ed.Tehnopress, Iaşi, 2004.

Dunca S., Părpăuță D., Ioanid G., Ailiesei O., Nimițan E., Ştefan M. Utilizarea plasmei reci în combaterea deteriorării microbiene a uno suporturi organice, Lucrările celui de al X-lea Simpozion d Microbiologie şi Biotehnologie, Iaşi, Ed.Corson, Iaşi, ISBN: 973 8225-29-9, 331- 336, 2004.

Dunca S., Ştefan M., Tănase C., Cojocariu A., Ioanid G., Rusu D., Hig frequency cold plasma – an ecological treatment for the microbi decontamination on organic materials – 7th International Scienti Conference „Modern Management of Mine Producing, Geology ar Environmental Protection" SGEM 2007, CD Conference Collectio

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

of Papers, Section Ecology and Environmental Protection, nr. 109-7122, ISBN: 95491818-2, 2007.

Madigan M., Martinko J., Parker J., Brock Biology of microorganisms, 8th edition, Prentice Hall., Inc.Simon & Schuster, Viacom Company, New Jersey, 2000.

Nimițan E., Ailiesei O., Dunca S., Comănescu Șt., Metode și tehnici de microbiologie, Ed. Univ. „Al. I. Cuza", Iași, 1998.

Wistreich G.A., Microbiology Laboratory, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1997.

Zarnea G., Tratat de microbiologie generală, vol. V, Bazele teoretice ale ecologiei microorganismelor. Microorganismele și mediile lor naturale, Ed. Academiei Române, București, 1994.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CAPITOLUL V

DEGRADARE ŞI DETERIORARE FUNGICĂ

Majoritatea daunelor provocate prin biodeteriorare au fost cauzate de agenţii microbiologici (bacterii şi ciuperci), în special de către ciuperci. Este vorba de ciupercile cunoscute comun sub numele de „mucegaiuri" şi care sunt specii de ciuperci saprofite din genurile: *Aspergillus, Penicillium, Mucor, Stachybotrys, Chaetomium* etc., a căror apariţie şi dezvoltare este favorizată de o umiditate şi temperatură ridicată. Aceste microorganisme, datorită aparatului lor enzimatic foarte bogat şi labil, au o mare putere de adaptare, ceea ce le permite să crească pe substraturile cele mai diverse, ajungând la o dezvoltare masivă atunci când condiţiile de umiditate şi temperatură sunt optime. Aceşti agenţi biologici produc pagube însemnate în toate regiunile de pe glob deoarece este suficientă prezenţa unui microclimat favorabil pentru ca mucegaiurile să deterioreze materialul respectiv până la a-l face inutilizabil. Cercetările efectuate au dus la izolarea şi identificarea speciilor de ciuperci implicate şi la constatarea că modul lor de acţiune asupra diverselor materiale este de mai multe feluri:

- *acţiune mecanică,* datorită pătrunderii filamentelor miceliene printre elementele constitutive ale materialului. Rezerva de umiditate pe care o constituie miceliul ciupercii poate umfla materialul şi elimină unii din constituenţii săi. De asemenea, prezenţa ciupercilor face ca materialul respectiv să-şi piardă calităţile sale izolante, miceliul acid şi umed fiind

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

conducător de electricitate, fapt de mare însemnătate în cazul materialelor electroizolante;

- *acțiune chimică,* exercitată prin produșii de metabolism eliminați de ciupercă (de exemplu unii acizi puternici: acid oxalic) care acționează asupra constituenților materialului. Unii produși depreciază calitatea și deci valoarea comercială a materialelor stricând aspectul lor, cum sunt pigmenții, care le colorează puternic producând pete de diverse tonalități;

- *acțiune biochimică.* Prin variatele enzime pe care le posedă aceste microorganisme pot să-și procure elementele necesare metabolismului lor din cele mai variate materiale, pe care pot să le descompună pentru a-și procura sursa de C și N necesară.

V.1. IDENTIFICAREA MICOBIOTEI CE ACȚIONEAZĂ ASUPRA OBIECTELOR DE PATRIMONIU

Identificarea fungilor prezenți la suprafața obiectelor muzeale, s-a efectuat pe aceeași categorie de eșantioane prelevate din piesele prezentate în capitolul IV (Tabelul IV.1.). După prelevare, eșantioanele montate în plăci Petri pe mediu de cultură Sabouraud au fost incubate timp de 7 zile la temperatura de 37° C, pentru dezvoltarea fungilor.

V.1.1. Determinarea încărcăturii fungice

Pentru aprecierea încărcăturii fungice (Tabelul V.1) pe obiectele investigate s-a procedat la analiza coloniilor dezvoltate pe mediul de cultură, notându-se pentru fiecare probă numărul acestora.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul V. 1 - Gradul de încărcare fungică a probelor

Nr. Crt.	Proba	Descriere probă	Nr. colonii fungi	Nr. colonii drojdii
TEXTILE				
1.	MI1	Țesătură, culoare crem, din colecția Muzeului de Istorie a Moldovei, Iași.	1	-
2.	MI2	Țesătură, culoare crem, din colecția Muzeului Unirii, Iași.	1	-
3.	MI3	Țesătură, culoare crem, din colecția Muzeului de Istorie a Moldovei.	1	-
4.	MI4	Țesătură, culoare albă, din colecția Muzeului de Istorie a Moldovei, Iași.	-	1
5.	MI5	Țesătură de mătase, Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova.	1	-
6.	MI6a	Țesătură de mătase – voal. Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova.	2	-
7.	MI6b	Țesătură de mătase. Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova.	1	-
8.	MI7ab	Țesătură de mătase colorată. replica unui steag din colecția Muzeului de Istorie a Moldovei, Iași.	4	-
9.	MI8	Țesătură de mătase – catifea. Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova.	1	-
10.	MC1-2	Piesă vestimentară din colecția Teatrului Național, Iași.	17	-
11.	MC3-4	Fragment de țesătură (fire de mătase și fire metalice), Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova.	7	-
	Total suport textil		**36**	**1**
SUPORT PAPETAR				
12.	HI1	Pagină reclame, 1920.	1	-
13.	HI2	Paginile 243, 244 din volumul NOTRE DAME DE PARIS, de Victor Hugo, 1919.	-	1

14.	HI3	Prima pagină din volumul DOINE, de Vasile Alecsandri. 1853.	2	-
15.	HP49	Psaltire 49	1	-
16.	HP17	Psaltire 17	3	-
17.	S1-2	Suport sugativă (față și verso)	1	2
18.	1	POZĂ DE GRUP – probă fragment eșantion	1	-
19.	1'	POZĂ DE GRUP – amprentă	1	1
20.	2	PORTRET OXFORD - amprentă	3	-
21.	3	POZA DIN VIE - amprentă colțuri	3	-
22.	4a	PORTRET PREOT – pată albă	1	1
23.	4m	PORTRET PREOT – pată maro	4	-
24.	5	PORTRET OFIȚER - amprentă	-	1
25.	6	PORTRET CĂLUGĂR - amprentă	-	1
26.	7	PORTRET NOBIL – pete roșii	-	1
27.	CG1	Carte - eșantion copertă	1	-
28.	CG2	Carte - amprentă fila 1 – pete maronii	1	1
29.	CG3	Carte - eșantion cotor	2	1
	Total suport papetar		**25**	**10**
PIELE ȘI PERGAMENT				
30.	PI1b	Fragmente piele arheologică. Mănăstirea Probota. Sec. XVI – XVII.	5	1
31.	PI2	Fragment piele, trepied din colecția Muzeului „Mihail Kogălniceanu", Iași.	3	-
32.	PP49	Psaltire 49	5	1
33.	PP17	Psaltire 17	2	-
34.	Perg1-2	Pergament manuscris	2	1
35.	Perg3-4	Pergament manuscris	2	2
36.	GP	Geantă piele	1	-
	Total suport piele și pergament		**20**	**5**
LEMN				
37	Id1-2	Icoană Dej	7	2
38	8	PICTURĂ PE LEMN	1	-
	Total suport lemn		**8**	**2**
TOTAL			**89**	**18**

BCU "Ștefan cel Mare" UNIVERSITY LIBRARY

V.1.2. Studiul caracterelor macromorfologice

În vederea determinării principalelor genuri de fungi ce apar pe suporturile de natură organică din compoziția obiectelor muzeale analizate s-au făcut observații legate de morfologia coloniilor dezvoltate pe mediul de cultură, acestea furnizând aspecte importante pentru determinarea ulterioară bazată şi pe examenul microscopic. Astfel, s-au identificat principalele tipuri de colonii în baza caracterelor macromorfologice, grupate în cinci tipuri întâlnite mai frecvent.

Tipuri de colonii:

1 - colonii de dimensiuni medii, de formă circulară, cu aspect prăfos, de culoare gri-albastră spre centru iar pe margini albă; pigmentează mediul în galben citron: *Penicillium* (Figura V.1);

2 - colonii cu extindere în toată placa, cu aspect pufos, filamente albicioase, pe suprafață prezentând numeroase puncte negre, foarte evidente: *Rhizopus* (Figura V.2);

3 - colonii de dimensiuni medii, cu centrul mai dens de culoare gălbuie şi cu numeroase puncte galbene mate sau negre intens; spre marginile coloniei filamentele miceliene sunt deschise la culoare: *Aspergillus* (Figura V.3);

4 - colonii de formă neregulată, alb gălbuie cu aspect pufos: *Cladosporium* (Figura V.4);

5 - colonii de culoare brun-negru, de formă aproximativ circulară, cu centrul mai închis la culoare iar spre margini culoare mai deschisă, aspect pufos: *Alternaria* (Figura V. 5).

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Figura V.1: Tip colonie 1
Penicillium sp.

Figura V.2: Tip colonie 2
Rhizopus sp.

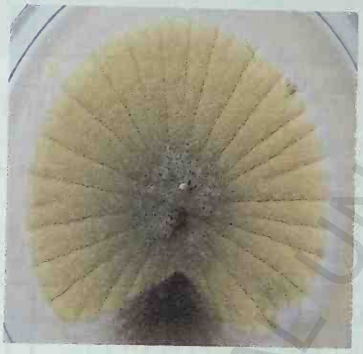


Figura V.3: Tip colonie 3
Aspergillus sp.

Figura V.4: Tip colonie 4
Cladosporium sp.

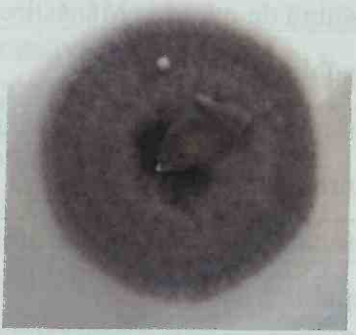


Figura V.5: Tip colonie 5
Alternaria sp.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Gradul de infestare a materialelor istorice şi a obiectelor de patrimoniu ce au fost studiate şi urmează a fi decontaminate sunt înserate în tabelul (tabelul V. 2.)

Tabelul V. 2 – Gradul de infestare inițială a materialelor istorice fără valoare de patrimoniu

Nr. Crt.	Indice Probă	Descriere probă	Dezvoltarea coloniilor
TEXTILE			
1.	MI1	Țesătură, culoare crem, din colecția Muzeului de Istorie a Moldovei, Iaşi.	+ - -
2.	MI2	Țesătură, culoare crem, din colecția Muzeului Unirii, Iaşi.	+ - -
3.	MI3	Țesătură, culoare crem, din colecția Muzeului de Istorie a Moldovei.	+ - -
4.	MI4	Țesătură, culoare albă, din colecția Muzeului de Istorie a Moldovei, Iaşi.	+ - -
5.	MI5	Țesătură de mătase, Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova.	+ - -
6.	MI6a	Țesătură de mătase – voal. Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova.	+ + -
7.	MI6b	Țesătură de mătase. Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova.	+ + -

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

8.	MI7ab	Țesătură de mătase colorată. Replica unui steag din colecția Muzeului de Istorie a Moldovei, Iaşi.	+ + -
9.	MI8	Țesătură de mătase – catifea. Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova.	+ - -
10.	MC1-2	Piesă vestimentară din colecția Teatrului Național, Iaşi.	+ + +
11.	MC3-4	Fragment de țesătură (fire de mătase şi fire metalice), Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova.	+ + +
SUPORT PAPETAR			
12.	HI1	Pagină reclame, 1920.	+ - -
13.	HI2	Paginile 243, 244 din volumul NOTRE DAME DE PARIS, de Victor Hugo, 1919.	- - -
14.	HI3	Prima pagină din volumul DOINE, de Vasile Alecsandri. 1853.	+ - -
15.	HP49	Psaltire 49	+ - -
16.	HP17	Psaltire 17	+ + -
17.	S1-2	Suport sugativă (față şi verso)	+ + -
18.	1	POZĂ DE GRUP – probă fragment eşantion	+ - -
19.	1'	POZĂ DE GRUP – amprentă	+ - -
20.	2	PORTRET OXFORD - amprentă	+ + -
21.	3	POZA DIN VIE - amprentă colțuri	+ + -
22.	4a	PORTRET PREOT – pată albă	+ - -
23.	4m	PORTRET PREOT – pată maro	+ + -

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

24.	5	PORTRET OFIȚER - amprentă	- - -
25.	6	PORTRET CĂLUGĂR - amprentă	- - -
26.	7	PORTRET NOBIL – pete roşii	- - -
27.	CG1	Carte - eşantion copertă	+ - -
28.	CG2	Carte - amprentă fila 1 – pete maronii	+ - -
29.	CG3	Carte - eşantion cotor	+ - -
PIELE ŞI PERGAMENT			
30.	PI1b	Fragmente piele arheologică.Mănăstirea Probota. Sec. XVI – XVII.	+ + -
31.	PI2	Fragment piele, trepied din colecția Muzeului „Mihail Kogălniceanu", Iaşi.	+ + -
32.	PP49	Psaltire 49	+ + +
33.	PP17	Psaltire 17	+ + -
34.	Perg1-2	Pergament manuscris	+ - -
35.	Perg3-4	Pergament manuscris	+ - -
36.	GP	Geantă piele	+ - -
LEMN			
37.	Id1-2	Icoană Dej	+ + +
38.	8	PICTURĂ PE LEMN	+ - -

Legendă: + + + dezvoltarea foarte bună;

+ + - dezvoltare bună ,

+ - - dezvoltare slabă,

- - - absența dezvoltării.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

V.2. DECONTAMINAREA FUNGICĂ

V.2.1 Evaluarea microbiologică a tratamentului de decontaminare efectuat pe colecția de materiale istorice

Tratamentul de decontaminare în plasmă a fost aplicat la eşantioane diferite, alese din colecția inițială (Tabelul V.3), la care s-a determinat încărcătura fungică specifică.

Tabelul V.3 Materialele istorice selectate pentru decontaminare

Nr. Crt.	Indice Probă	Descriere probă
1.	HP17	Psaltire 17
2.	HP49	Psaltire 49
3.	MCt1	Piesă vestimentară din colecția Teatrului Național, Iași
4.	MCt3	Fragment de țesătură (fire de mătase și fire metalice), Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova.
5.	MCt4	Fragment de țesătură (fire de mătase și fire metalice), Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova.
6.	MI1	Țesătură, culoare crem, din colecția Muzeului de Istorie a Moldovei, Iași.
7.	MI5	Țesătură de mătase, Mănăstirea Căpriana, Republica Moldova.
8.	S	Suport sugativă (față și verso)

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Timpii aleşi pentru aplicarea tratamentului au fost de 15 min., 30 min şi 60 min, în vederea determinării timpului minim la care se obține o inactivare a micobiotei specifice suporturilor analizate. Materialele decontaminate prin metoda cu plasmă rece de înaltă frecvență au fost apoi analizate pentru identificarea încărcăturii fungice ulterior tratamentului, rezultatele obținute regăsindu-se în tabelul V. 4 şi figurile V. 6, V. 7.

Tabelul V. 4. Rezultate decontaminare fungică la materialele istorice

Nr. Crt.	Proba material istoric	Grad contaminare inițială	Timp de aplicare a tratamentului de decontaminare		
			15'	30'	60'
1.	HP17	+ + -	- - -	- - -	- - -
2.	HP49	+ - -	- - -	- - -	- - -
3.	MCt1	+ + +	+ + -	+ - -	- - -
4.	MCt3	+ + +	+ + -	+ - -	- - -
5.	MCt4	+ + +	+ + -	+ - -	- - -
6.	MI1	+ - -	- - -	- - -	- - -
7.	MI5	+ - -	- - -	- - -	- - -
8.	S	+ + -	- - -	- - -	- - -

Legendă: + + + dezvoltarea foarte bună,
+ + - dezvoltare bună,
+ - - dezvoltare slabă,
- - - absența dezvoltării.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

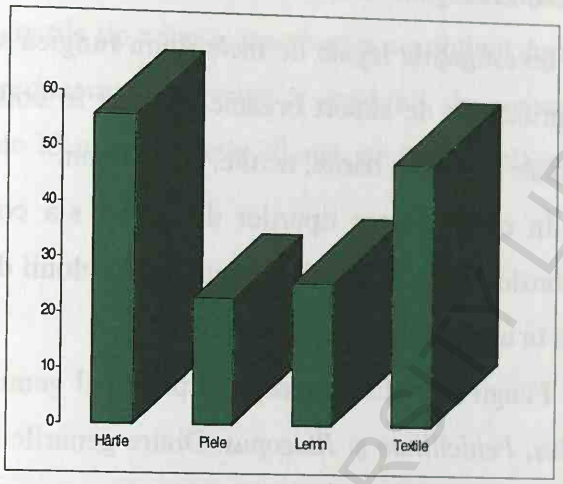


Figura V.6: Încărcătura fungică în cazul diferitelor obiecte muzeale

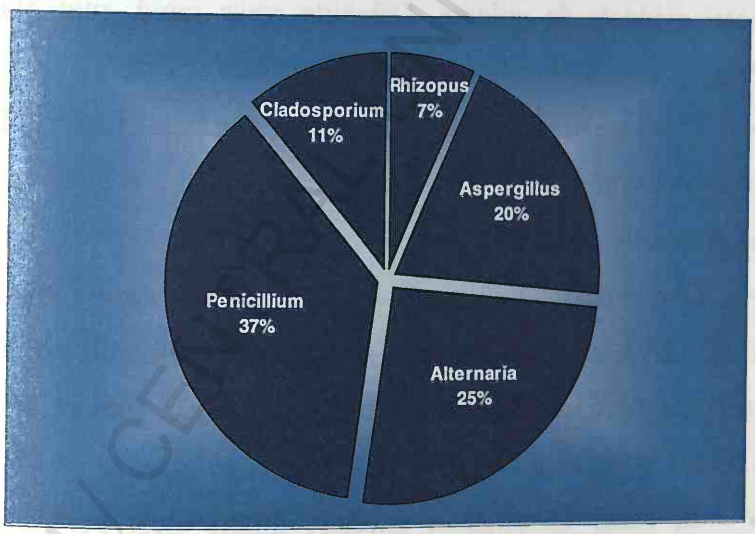


Figura V.7: Distribuția fungilor identificați pe obiectele muzeale

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CONCLUZII

➢ Investigațiile legate de încărcătura fungică s-au efectuat asupra tipurilor principale de suport organic ce intră în componența obiectelor muzeale luate în studiu: hârtie, textile, piele, lemn.

➢ În cazul tuturor tipurilor de suport s-a constat o încărcătură fungică considerabilă, exprimată în număr de colonii dezvoltate pe mediul de cultură în urma prelevării probelor.

➢ Fungii identificați aparțin în principal genurilor *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium* şi *Rhizopus*. Dintre genurile frecvent întâlnite se evidențiază *Alternaria*, care este considerat un gen cosmopolit. Speciile acestui gen produc pe suportul organic pigmenți melanici, care determină modificări evidente de culoare. Coloniile cresc rapid, sunt plate şi se acoperă în timp cu hife aeriene de culoare cenuşie.

➢ *Cladosporium* sp. reprezintă un gen des întâlnit în cazul suporturilor care prezintă o umiditate ridicată, având o abundență crescută pentru suporturile de tip textil.

➢ O diversitate mai mare s-a constatat în cazul obiectelor cu suport din hârtie, aceasta datorându-se faptului că suportul papetar reține mai uşor apa, fiind un material puternic higroscopic, ceea ce favorizează fungii ca şi condiții de dezvoltare.

➢ În cazul materialelor istorice, timpii aleşi pentru aplicarea tratamentului au fost de 15 min., 30 min şi 60 min, în vederea determinării timpului minim la care se obține o inactivare a micobiotei specifice suporturilor analizate.

➢ Tratamentul de decontaminare a materialelor istorice a avut o eficiență evidentă începând chiar de la 15 min pentru suporturile papetare

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

şi pentru două fragmente textile cu încărcătură fungică inițială redusă. Pentru fragmentele textile tip mătase, inactivarea s-a obținut după 60 min, de tratament, cu reducerea progresivă a gradului de contaminare la trecerea prin etapa de 15 min. respectiv 30 min. de decontaminare.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

Constantnescu O. 1974. Metode şi tehnici în micologie, Ed. Ceres, Bucureşti: 215 p.

Lazăr Viorica. 1969. Deteriorarea microbiologică, Revista Natura, Seria Biologie, **6**(9): 35-40

Nicolescu Carmen. 2001. Studiul agenților de biodegradare al obiectelor de patrimoniu, Ed. Printech, Bucureşti: 173 p.

Nimițan Erica, Ailiesei Octăvița, Dunca Simona, Comănescu Șt. 1998. Metode şi tehnici de microbiologie, Ed. Univ. „Al. I. Cuza", Iaşi: 388

Şesan Tatiana Eugenia, Tănase C. 2006. Mycobiota – sisteme de clasificare, Ed. Universității „Al. I. Cuza" Iaşi: 251 p.

Tănase C. 2002. Micologie, manual de lucrări practice, Ed. Universității „Al. I. Cuza", Iaşi: 227 p.

Tănase C., Mititiuc M. 2001. Micologie, Ed. Universității „Al. I. Cuza", Iaşi: 285 p.

Tănase C., Şesan Tatiana Eugenia. 2006. Concepte actuale în taxonomia ciupercilor, Ed. Universității „Al. I. Cuza", Iaşi: 510 p.

Zarnea G. 1994. Tratat de microbiologie generală, vol. V, Bazele teoretice ale ecologiei microorganismelor. Microorganismele şi mediile lor naturale, Ed. Academiei Române, Bucureşti: 547-623

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CAPITOLUL VI

TRATAMENTE DE DECONTAMINARE ÎN PLASMĂ DE ÎNALTĂ FRECVENȚĂ A UNOR OBIECTE DE PATRIMONIU

În stare bună de conservare bunurile materiale au anumite proprietăți: forma şi dimensiunile intacte, culorile nemodificate, nu sunt crăpate sau deformate, nu prezintă clivaje, sau rupturi, nu sunt sparte, corodate etc.

Ca urmare a acțiunii factorilor de degradare, bunurile culturale, mai ales cele de natură organică, se deformează, se decolorează sau se închid la culoare, se fisurează, exfoliază, se dezlipesc sau se desfac dacă sunt compuse, se rup, se sparg, se corodează, mucegăiesc sau sunt atacate de insecte, modificându-şi astfel starea de conservare, structura, compoziția, forma, rezistența fizico-mecanică se diminuează, devenind din ce în ce mai fragile şi mai vulnerabile.

Fenomenul de degradare constă într-un proces ireversibil de modificare structurală care afectează materia şi prin aceasta, valoarea unui obiect.

Foarte diferite din punctul de vedere al compoziției, obiectele de patrimoniu se degradează într-o manieră specifică, în funcție de natura agenților degradatori. Compoziția acestora, natura factorilor cu care reacționează, determină felul, ritmul şi durata proceselor de degradare. Astfel, obiectele din materiale organice sunt cele mai vulnerabile la acțiunea factorilor de mediu (temperatură, lumină, umiditate), şi a

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

agenților biodegradatori (bacterii și fungi), degradându-se într-un ritm mult mai accelerat decât cele anorganice.

VI.1. FACTORI CARE FAVORIZEAZĂ PROCESELE DE BIODEGRADARE

Urmărirea evoluției proceselor de biodegradare a evidențiat existența unor factori care condiționează sau favorizează evoluția acestora:

a) *prezența substanțelor asimilabile* sub forma unor surse adecvate de C, N, S, P, Ca, Mg *și a unor factori de creștere,* reprezintă o condiție esențială pentru colonizarea substratului respectiv și inițierii proceselor de degradare.

b) *starea fizică*: substanțele dizolvate sunt mai ușor atacate decât cele aflate în suspensie, iar acestea, mai ușor decât cele solide (lemn, rocă etc.). În cazul materialelor solide, fungii pot pătrunde în substrat, prin intermediul hifelor producând astfel daune majore.

c) *umiditatea* reprezintă un factor de importanță majoră, deoarece, așa cum s-a demonstrat în cazul fungilor, practic, toate microorganismele au nevoie de o peliculă de apă în jurul celulelor pentru a crește și a interacționa cu alte microorganisme.

d) *temperatura* are un efect mai puțin marcant. Majoritatea microorganismelor biodegradative sunt active, în special la temperaturi ce oscilează în jurul valorii de 20°C, dar există cazuri de specii active la temperaturi extreme, ce pot determină numeroase pagube.

Biodegradarea materialelor implică mecanisme diferite: o serie de procese sunt de natură fizico-mecanică (dezintegrări), iar altele sunt de natură chimică (descompuneri). În general, cele două tipuri de procese au

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

loc simultan şi depind de agentul de biodegradare, de tipul de substrat şi de condiţiile de mediu. Dezvoltarea microorganismelor poate crea condiţii pentru creşterea altor specii din diferite alte grupe şi se poate crea astfel o succesiune ecologică dăunătoare.

Biodegradarea reprezintă fragmentarea compuşilor organici în componente mai mici, sub acţiunea microorganismelor. Acestea transformă substanţele contaminate, prin intermediul activităţii lor metabolice bazată pe enzime. Procesul de biodegradare prezintă o mare diversitate, dar în general, produşii finali sunt dioxidul de carbon sau metanul.

VI. 2. DECONTAMINAREA ÎN PLASMĂ DE ÎNALTĂ FRECVENŢĂ A UNOR OBIECTE DE PATRIMONIU

În acest capitol sunt prezentate tratamente de decontaminare pe o gamă variată de obiecte aparţinând patrimoniului nostru cultural. Obiectele, confecţionate din materiale de natură organică, sau piese compozite, preluate de la câteva muzee din ţară, au foste supuse tratamentului de decontaminare într-o instalaţie multifuncţională construită special în acest scop (Figura VI.1.) şi descrisă în detaliu la capitolul III, subcapitolul III. 4.

Caracteristicile electrice (frecvenţă, tensiune, putere) ale generatorului din figura VI.1. sunt alese astfel încât să poată fi conectat la instalaţii dotate cu vase de reacţie al căror volum este cuprins între 20l - 50l. În acest sens generatorul este prevăzut cu două ieşiri, una de 300W şi cealaltă de 1500W.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Figura VI.1. Instalație multifuncțională de tratamente în plasmă

Se pot exemplifica în acest sens rezultatele obținute în tratarea unei pungi, confecționate din piele tăbăcită vegetal (Figura VI.2.). Analizele microbiologice inițiale au evidențiat atât prezența tulpinilor bacteriene ce prezintă colonii de tip R cu margini neregulate, consistență mucilaginoasă, culoare albă și alb-gri, cât și a fungilor.

Contaminarea microbiologică nu este singura problemă a acestei piese. După cum ușor se poate observa din figura VI.2.a., suprafața obiectului este acoperită cu un strat aderent de ceară, acumulat ca urmare a uzurii funcționale și a unor tratamente eronate de întreținere.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

a b

Figura VI.2. Pungă din piele pentru bani:

a – înainte de tratament;

b – după tratament

Obiectul, introdus în vasul de reacție destinat pieselor cavitare, prezentat în capitolul III, figura III.19., este menținut în plasmă de HF timp de 3 ore 30 minute. Presiunea în vas a fost stabilită la valoarea de $3 \cdot 10^{-1}$ mbar, iar temperatura între 35 și 38° C.

La final, după efectuarea analizelor microbiologice s-a constatat dispariția totală atât a coloniilor bacteriene cât și a fungilor. Deci decontaminarea a fost completă. În același timp s-a obținut și o curățare a suportului dermic. Sub acțiunea speciilor active din plasmă, ceara, care diminua evident aspectul estetic al obiectului a fost îndepărtată, suprafața dermică recăpătându-și parțial luminozitatea (Figura VI.2.b.).

Un alt obiect din piele, deosebit de frumos, care a fost decontaminat prin acest procedeu este prezentat în figura VI.3. Este vorba de o pereche

de opincuțe mici de copil, brodate cu fir metalic şi ornamentate cu un pompon de mătase.

a b

Figura VI.3. Opincuțe copil:
a – înainte de tratament
b – după tratament

Ținând cont de complexitatea piesei şi de valoarea sa istorică, recoltarea probelor pentru efectuarea analizelor microbiologice, s-a efectuat prin tehnica amprentării cu hârtie de filtru sterilă. Evaluările inițiale au evidențiat prezența bacteriilor şi a fungilor atât pe suprafața dermică a încălțămintei cât şi pe fibrele de mătase.

În cazul obiectelor compozite, cum este acesta, confecționate din materiale de natură deferită (organice şi anorganice), parametrii de lucru

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

se stabilesc în funcție de comportamentul în plasmă de HF a celui mai sensibil material. Astfel, presiunea de lucru din vasul de reacție a fost stabilită la valoarea de $2,7 \cdot 10^{-1}$mbar, temperatura între 35 și 38 ° C, iar timpul de tratament a fost de 2 ore în atmosferă de aer.

Ca și în cazul precedent, din imaginile fotografice document prezentate, se poate ușor remarca efectul de curățire a tuturor componentelor. Trebuie subliniat de altfel faptul că, tratamentele de decontaminare în plasmă rece de HF nu pot fi disociate de tratamentele de curățire sau altfel spus, decontaminarea include și un tratament de curățire a suprafeței expuse speciilor active din plasmă.

O altă categorie de obiecte, asupra cărora se poate interveni prin această metodă, sunt cele confecționate din țesături, indiferent de compoziție chimică a materialului fibros (celulozice sau proteice). Pentru exemplificare ne vom opri la două piese confecționate în principal din material textil.

Primul obiect denumit „Ex Voto" (Figura VI.4.), este o piesă de cult armeană, din secol al XVIII-lea, confecționată din țesătură jakart, ornamentată cu dantelă din fir metalic, fixată prin lipire, pe carton. La partea superioară a piesei, peste materialul textil, este lipită imaginea „Maicii Domnului cu Pruncul", desenată pe suport papetar și decupată. Pe cap, cele două personaje poartă câte o coroană, modelată din dantelă cu fir metalic și câteva pietre semiprețioase.

Piesa complexă și cu multe componente de natură organică dar și anorganică, ridică numeroase probleme din punct de vedere biologic. Prezența bacteriilor și fungilor a fost confirmată de analizele microbiologice preliminare. Datorită dificultăților întâmpinate în cazul

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

tratamentelor clasice de decontaminare, plasma rece de HF s-a dovedit în acest caz de un real folos, fiind practic singura metodă de decontaminare eficientă şi în acelaşi timp menajantă pentru suporturile materiale ce formează întreg ansamblul.

a b

Figura VI.4. Ex Voto:
a – înainte de tratament;
b – după tratament

Supusă unui tratament de decontaminare timp de 2 ore la o temperatură ce oscila între 35 şi 38° C şi presiunea de $2{,}5 \cdot 10^{-1}$mbar, s-a constatat că activitatea microbiană a fost stopată, efectul de curăţire a tuturor componentelor fiind şi acest caz evident.

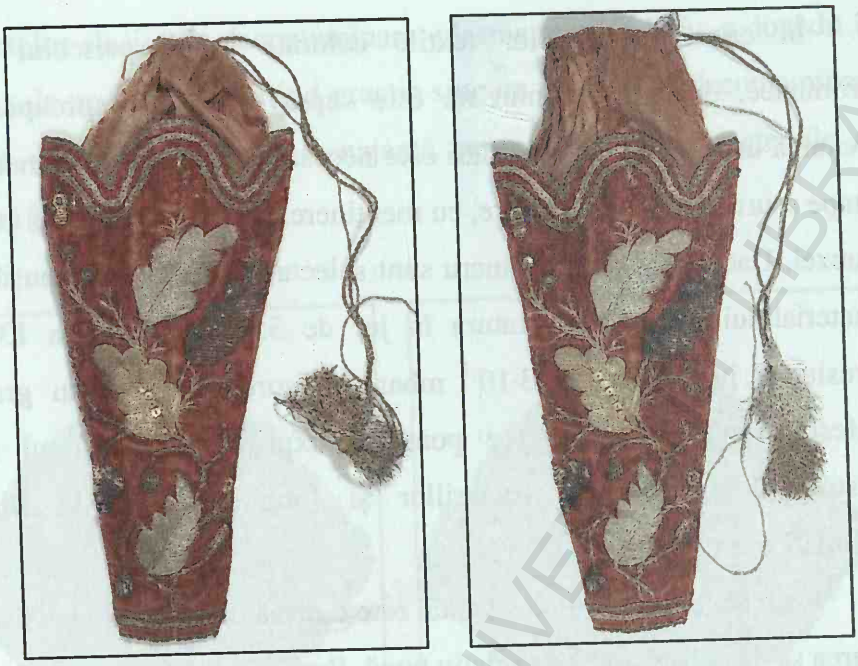
Un alt obiect decontaminat în plasmă de HF este confecţionat din catifea de bumbac de culoare vişinie, „înnobilată" cu broderie cu fir metalic. Acesta reprezintă un suport de evantai din secolul XVIII, a cărui imagine înainte şi după tratamentul în plasmă de HF este prezentată în figura VI.5.

În cazul materialelor textile colorate există pericolul alterării cromatice, dacă tratamentul nu este supravegheat îndeaproape. Pentru evitarea unor astfel de degradări este necesară efectuarea tratamentelor în etape scurte de 10 - 15 minute, cu menținerea în vid a obiectului pe durata pauzei. Dacă parametrii de lucru sunt selectați în funcție de sensibilitatea materialului textil (temperatura în jur de 35° C, frecvența 13,5MHz, presiunea între $2 \cdot 10^{-1}$ - $3 \cdot 10^{-1}$ mbar,) și corelați corect cu gradul de infestare microbiologică (ce poate fi exprimat prin timpul necesar distrugerii complete a bacteriilor și fungilor), riscurile alterărilor cromatice sunt reduse.

Cu toate că suportul de evantai este o piesă din secolul al - XVIII-lea, starea sa de conservare este relativ bună. Prezintă doar depuneri ulterioare, inevitabile unui accesoriu vestimentar. Broderia este bine păstrată, doar firul metalic este ușor oxidat. Problema esențială pe care o ridică acest obiect este infestarea microbiologică, sesizată prin analize specifice. Au fost identificați atât fungi caracteristice suporturilor celulozice cât și bacterii (bacilul Gram +).

Tratamentul în plasmă a fost realizat în instalația prezentată în prima parte, utilizându-se următorii parametrii de lucru: durata tratamentului 1 oră 30 min. în atmosferă de aer, pentru decontaminare și 1 oră în atmosferă de hidrogen, pentru reducerea oxidanților de pe firul metalic; temperatura cuprinsă între 35 și 36° C; presiunea de 3 10^{-1} mbar și frecvența de 13,5 MHz. Pentru evitarea alterărilor cromatice și reducerea temperaturii de lucru, tratamentul s-a efectuat în mai multe etape de câte 15 minute fiecare urmate de 10 minute repaos, perioadă în care obiectul a fost menținut în vid.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY



a b

Figura VI.5. Suport de evantai:
a – înainte de tratament;
b – după tratament

O altă piesă tratată este confecționată prin îmbinarea unei împletituri de mărgele, înșirate pe ață, cu o plasă foarte deasă realizată cu croșetul. Această piesă constituie un accesoriu vestimentar, înregistrat sub denumirea de „Pungă de bani"(Figura VI.6.).

Fiind o piesă alcătuită cu precădere din mărgele de sticlă, atacul microbiologic s-a instalat în porțiunea realizată, cu croșetul din fir de bumbac, ce face legătura dintre cele două pungi.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pentru decontaminare, piesa a fost menținută timp de 1 oră și 30 minute în atmosferă de oxigen. S-a asigurat astfel distrugerea atât a fungilor cât și bacteriilor. Temperatura de lucru a oscilat între 34 și 37° C, presiunea fiind reglată la valoarea de $3 \cdot 10^{-1}$mbar. În final, un tratament de 30 minute în hidrogen a asigurat și o curățire completă a întregului ansamblu.

a b

Figura VI.6. Pungă pentru bani:
a – înainte de tratament;
b – după tratament

Fotografiile, de epocă reprezintă o categorie importantă de bunuri culturale. Acestea, chiar dacă sunt relativ recente comparativ cu alte obiecte de patrimoniu care au învins veacurile, sunt mai sensibile la atacul microorganismelor. Activitatea bacteriilor sau a fungilor pot cauza

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

degradări majore fotografiilor, traduse prin estomparea imaginii sau chiar dispariție totală a acesteia.

Ansamblul suport papetar – argint metalic (format în urma procesului de developare prin reducerea bromurii de argint expusă la lumină), care de fapt conturează imaginea, ridică numeroase probleme în tratamentele de decontaminare clasică, deoarece sunt utilizate substanțe toxice sub formă de aerosoli, ce pot produce pete pe suprafața imaginii. Tratamentele termice sunt de asemenea excluse.

Utilizarea caracterului biocid al plasmei de HF în decontaminarea fotografiilor, cu respectarea strictă a unui regim termic moderat, reprezintă o variantă ce nu trebuie neglijată. Mai mult, prin utilizarea hidrogenului ca mediu de reacție, se poate reface parțial stratul de argint de la suprafață, imaginea devenind astfel mai clară.

Instalația de decontaminare a fotografiilor este asemănătoare cu cea prezentată în figura VI.1., cu deosebirea că geometria reactorului este modificată, şi este explicitată în figura III.23. pagina 53.

A fost supusă tratamentului de decontaminare o fotografie dintr-o colecție particulară (Figura VI.7.), rămasă o lungă perioadă de timp în podul casei.

Analizele microbiologice efectuate inițial au evidențiat prezența bacililor Gram+ şi a fungilor aparținând genurilor *Aspergillus sp. şi Penicillium sp.* Datorită condițiilor improprii de păstrare, fotografia este foarte murdară, cu numeroase pete, deformată, aspecte care sunt destul de bine surprinse în figura VI.7. a., astfel că imaginea aproape şi-a pierdut lizibilitatea.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

După numai 30 minute de tratament în plasmă de aer, coloniile de bacterii şi fungi au fost complet distruse. Dacă efectul biocid al plasmei nu poate fi demonstrat decât prin analize microbiologice destul de laborioase, efectul de curăţire este evident la simpla observare a imaginilor fotografice prezentate în figura VI. 7.

a b

Figura VI.7. Fotografie de epocă:
a – înainte de tratament;
b – după tratament

Dată fiind sensibilitatea şi importanţa acestor documente, este uşor de înţeles de ce trebuie acordată o atenţie deosebită în aplicarea unor tratamente de decontaminare (clasice sau neconvenţionale). Acesta este şi motivul pentru care parametrii de lucru la tratamentul în plasmă trebuie atent monitorizaţi. Astfel temperatura nu trebuie să depăşească 35° C, iar presiunea menţinută la valori apropiate de $2{,}5 \cdot 10^{-1}$ mbar.

Alte exemple elocvente de fotografii tratate în plasmă, sunt prezentate în figurile VI.8. a., b. şi VI.9. a., b.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

a b

Figura VI.8. Fotografie de epocă:
a– înainte de tratament
b – după tratament

a b

Figura VI. 9. Fotografie de epocă:
a – înainte de tratament
b – după tratament

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Dacă în primul caz reuşita tratamentului în plasmă de HF a constat în decontaminarea fotografiei, în următoarele două exemple iese mult mai pregnant în evidenţă proprietatea speciilor active ce se formează într-o descărcare electrică, de îndepărtate a depunerilor ulterioare care denaturează imaginea.

Rezultate demne de remarcat s-au obţinut şi în tratamentul de decontaminare a unor icoane pictate pe lemn de tei, cu tempera. În aceste cazuri atât componenta celulozică a lemnului cât şi stratul de preparaţie pentru suportul pictural sunt vulnerabile la atacul fungic şi bacteriologic.

Icoana, ca parte integrantă a unui iconostas sau amplasată singular în incinta unei biserici este, de regulă, acoperită cu un strat mai dens sau mai puţin dens de fum provenit de arderea lumânărilor sau a candelelor.

În cazul icoanei prezentate în figura VI.10., analizele iniţiale microbiologice au confirmat instalarea unui puternic atac fungic (Figura VI.11.) şi microbian. O sumară analiză vizuală, confirmă prezenţa depunerilor de fum ce afectează stratul pictural, având drept consecinţă estomparea culorilor, acestea devenind mai întunecate.

Tratamentul de decontaminare efectuat timp de 1 oră într-un mediu de reacţie ce conţine oxigen, a avut ca rezultat decontaminarea şi curăţarea în acelaşi timp.

Oxigenul are un rol important atât în faza de decontaminare, cât şi în cea de curăţire, prin reducerea carbonului la oxid şi bioxid de carbon, substanţe volatile ce sunt eliminate din vasul de reacţie prin sistemul de evacuare al pompei de vid.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

a b

Figura VI.10. Icoană pe lemn „Sfinții Dumitru şi Cristofor":
a – înainte de tratament
b – după tratament

Figura VI.11. Colonii de fungi dezvoltați pe icoană

Decontaminarea obiectelor din patrimoniu cultural reprezintă o datorie şi un act de responsabilitate a personalului implicat în gestionarea acestora. Aceasta nu este însă singura precauție care trebuie luată pentru

BCU IAŞI / CENTRALA UNIVERSITARĂ

ca patrimoniul nostru cultural să dăinuie şi să poată satisface nevoia de cunoaştere a generaţiilor viitoare. Fără menţinerea unui microclimat adecvat care să asigure parametrii optimi în depozite şi muzee eforturile de decontaminare rămân zadarnice. Ba mai mult, repetarea tratamentelor de decontaminare la intervale mici de timp, indiferent de metoda adoptată, poate accentua şi/sau accelera degradarea suportului material.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

Ailiesei, O., Nimițan, E., Dunca, S. „Microbial biodegradation of some textile and cellulose materials", Ann. Șt. Univ. Al. I. Cuza, Iași, (S. N.), secț. II, Genetică și biologie moleculară: 74-80, 2001

Bucșa, Livia, Bucșa, C. „Probleme de biodegradare la bisericile de lemn", Al VI-lea Simpozion Internațional, "Teoria și practica reabilitării monumentelor istorice" Tușnad, Sf. Gheorghe: 212 – 217, 1998

Camuffo, D. – *Microclimate for Cultural Heritage*; Developments in Atmospheric Science, 23, Elsvier Science, 1998

Moldoveanu, A., *Conservarea preventiva a bunurilor culturale*, Bucuresti, 2003

Thomson,G.- *The Museum Environment,* Butterworth-Heineman Ltd.,Oxford,1986

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ISBN 606-520-077-8

BCU IASI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY